

Mikko Aaltonen

TUULETTUVAT ALAPOHJAT

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2012

TUULETTUVAT ALAPOHJAT

Aaltonen, Mikko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2012
Ohjaaja: Sandberg, Rauno
Sivumäärä: 37
Liitteitä: 4

Asiasanat: tuulettuva alapohja, rossipohja, ryömintätila, kosteus

Tuulettuva alapohja on viimeaikoina lisännyt hieman suosiotaan. Oikein tehtynä se onkin hyvä perusratkaisu. Huonot ratkaisut ja rakennusvirheet ovat kuitenkin tuoneet esiin lukuisia ongelmia tuuletetuissa alapohjissa.

Kosteus ja sen pitkäaikaisesta vaikutuksesta johtuvat home- ja laho-ongelmat ovat tuuletetun alapohjan suurimmat ongelmat. Ne voivat johtaa rakenteiden heikentymiseen ja jopa aiheuttaa terveyshaittoja talojen asukkaille. Hyvä kosteudenhallinta on siis tuuletetun alapohjan tärkein asia.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia minkälaisia ongelmia tuuletetussa alapohjassa voi ilmetä ja minkälaisilla ratkaisuilla niiltä välttyttäisiin.

VENTILATED BASE FLOORS

Aaltonen, Mikko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in construction engineering

January 2012

Supervisor: Sandberg, Rauno

Number of pages: 37

Appendices: 4

Keywords: Ventilated base floor, crawlspace, moisture

Ventilated base floor has lately become a bit more popular. If it is properly done it is a good foundation method. Bad decisions and construction defects have brought up several problems in them.

Moisture and long term effects of it leading to mold and rot are the biggest problems of ventilated base floor. They can lead to structural weaknesses and even cause health problems to people. Good moisture management is the most important thing to handle in ventilated base floors.

The purpose of this thesis was to research what kind of problems can ventilated base floors have and how to prevent them.

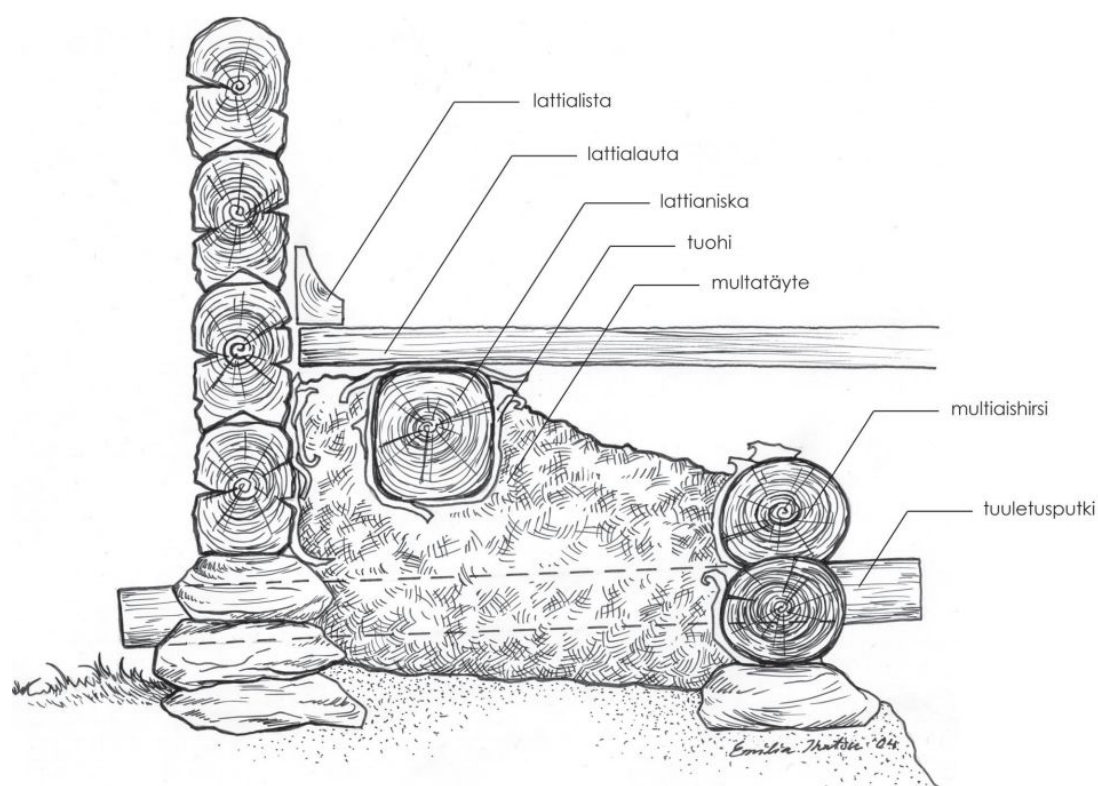
SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	MÄÄRÄYKSIÄ JA YLEISIÄ SUUNNITTELUOHJEITA.....	6
2.1	Suomen rakentamismääräyskokoelma.....	6
2.1.1	C2 kosteus	6
2.1.2	C3 Rakennuksen lämmöneristys	7
2.2	Tuuletuksen mitoitus.....	8
2.2.1	Tuuletus ulkoilman avulla.....	9
2.2.2	Koneellinen Tuuletus	11
3	ONGELMAT.....	13
3.1	Kosteus	13
3.1.1	Maaperän kosteus.....	13
3.1.2	Ilmankosteus	14
3.2	Rossipohjan kosteuskäyttämisen teoria	14
3.2.1	Rossipohja kesällä ja keväällä.....	14
3.2.2	Rossipohja talvella	15
3.3	Homeet, mikrobit ja laho	15
3.4	Routa	17
3.5	Radon	22
4	RAKENNERATKAISUJA	22
4.1	Perustukset.....	22
4.1.1	Perusmuurilliset, tuuletusaukoin varustetut ratkaisut	23
4.1.2	Pilariperustusratkaisut	23
4.2	Puu	24
4.3	Betoni	24
4.4	Teräs	25
4.4.1	Tuulettuva teräspäristysjärjestelmä	25
5	VANHOJEN ALAPOHJIEN KORJAUS	27
5.1	Lisäeristys	28
5.2	Home- ja lahovaurioiden korjaus.....	29
5.2.1	Vaurioiden tunnistaminen	29
5.3	Radontekninen korjaus	29
5.3.1	Periaatteet.....	30
5.3.2	Toimenpiteet	30
	LÄHTEET.....	36
	LIITTEET	38

1 JOHDANTO

Tuulettuva alapohja on perinteinen suomalainen pientalojen alapohjarakenne, joka on ollut käytössä jo satoja vuosia. Ensimmäiset ratkaisut olivat sellaisia, että rakennus perustettiin maakivien varaan, jolloin ilma pääsi kiertämään vapaasti alapohjan alla. Tämän ajan rakenteet eivät olleet erityisen tiiviitä, joten vapaasti alapohjan alla kiertävä ilma aiheutti suurta lämmönhukkaa ja vetoisuutta sen ajan rakennuksissa.

Vetoisuuden estämiseksi ruvettiin käyttämään niin sanottua multapenkkirakennetta, jossa alapohjan alle tehtiin erillinen multiaishirsi. Ulkoseinän ja multiaishirsien väliin pistettiin multatäyte. Rakenteen ongelmana oli se, että seinärakenteet ja varsinkin multiaishirret joutuivat kosketuksiin maan kanssa ja olivat näin ollen todella alttiita kosteuden vaikutukselle. Multapenkistä tehtiin myös sellaisia ratkaisuja, että rakenne tehtiin hieman korkeammaksi ja sen keskelle jäi tila, jota voitiin käyttää eräänlaisena kellarina. Tässä ratkaisussa alettiin myös käyttää puisia tuuletusputkia kellaritilan ilmanvaihtona.



KUVA 1. Multapenkkirakenne (Ihatsu. 2005)

1930-luvulla alettiin rakentamaan nykyisenkaltaisia tuulettuvia alapohjia. Tuulettuva alapohja oli myös 40- ja 50- lukuina rakennettujen rintamamiestalojen yleisin alapohjaratkaisu. 60-luvulla alettiin suosia maanvaraista betonilaattaa ja tuulettuvien alapohjien rakentaminen vähentyi.

Nykypäivänä tuulettuva alapohja on taas lisännyt hieman suosiotaan mm. sen takia, että se on paras ratkaisu radon-kaasun estämiseksi

2 MÄÄRÄYKSIÄ JA YLEISIÄ SUUNNITTELUOHJEITA

2.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. Ohjeet sen sijaan eivät ole velvoittavia, vaan muitakin kuin niissä esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, jos ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset.

Rakentamismääräyskokoelman määräykset koskevat uuden rakennuksen rakentamista. Rakennuksen korjaus- ja muutostöissä määräyksiä sovelletaan, jollei määräyksissä nimenomaisesti määrätä toisin, vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttävät. [ympärisöministeriö]

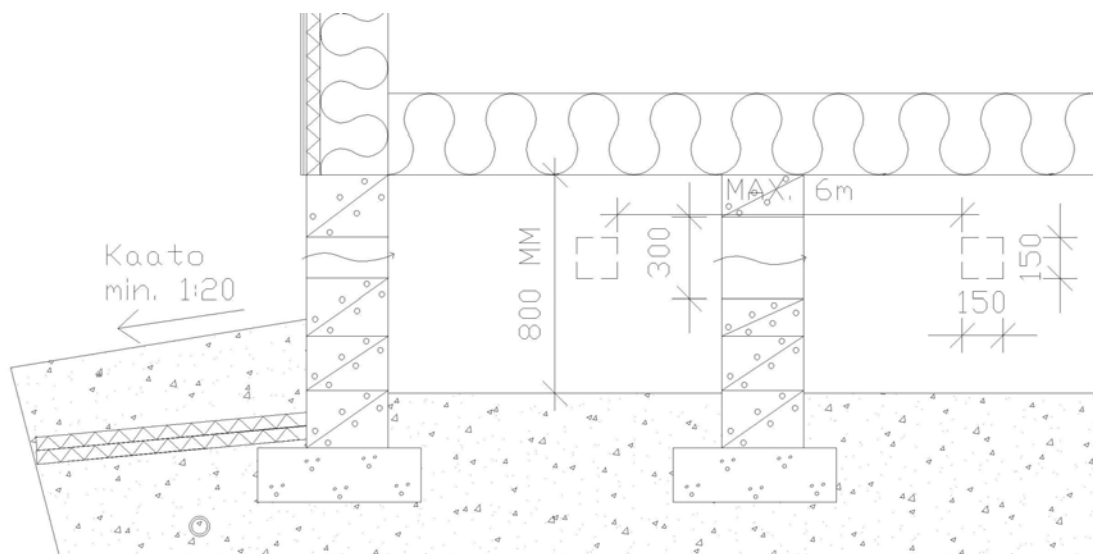
2.1.1 C2 kosteus

Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 antaa määräyksiä ja ohjeita rakennusten toimivuudesta kosteuden kannalta.

Olennaisena vaatimuksena on, että Rakennus on suunniteltava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveystarvetta kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöajan ajan.

Alapohjan ryömintätila on suunniteltava ja rakennettava niin, ettei ryömintätilaan kerry vettä ja että ryömintätila tuulettuu riittävästi. Ilmatilan kosteudesta ei myöskään saa olla haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle. Ryömintätilasta ei saa olla rakennusjätettä tai lahoavaa orgaanista ainetta. Ryömintätilaan on myös järjestettävä tarkastusmahdollisuus ja pääsy kaikkialle tilaan.

Ryömintätilojen tuuletusaukkojen yhteispinta-alan on oltava ainakin 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta. Tuuletusaukot tulee suojata ritilällä tai säleiköllä. Tuuletusaukot jaetaan ulkoseinälle siten, että koko ryömintätila tuulettuu. Aukkojen alareunan on oltava vähintään 150 mm maanpinnan yläpuolella. Aukkojen vähimmäiskoon on oltava 150 cm^2 ja niiden enimmäisväli saa olla korkeintaan 6 m. Ryömintätilassa oleviin väliseiniin ja osastoiviin palkkeihin tehdään myös tuuletusaukot, joiden tulee olla kaksi kertaa niin suuret kuin samalla virtausreitillä olevat ulkoilmaan avautuvat aukot. Ryömintätilan korkeuden tulisi olla vähintään 0,8 m. [Suomen RakMk C2 1998, 3, 6-7]



KUVA 2. Suomen RakMK C2:ssa annettuja määräyksiä koskien ryömintätilallista alapohjaa.

2.1.2 C3 Rakennuksen lämmöneristys

Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 antaa ohjeita ja määräyksiä koskien rakennuksen lämmöneristystä.

Rakennusosien, jotka erottavat lämpimän tai puolilämpimän tilan ulkoilmasta, lämmittämättömästä tilasta tai toisistaan tulee olla lämpö- ja kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan sellaisia, että tilassa voidaan saavuttaa käyttötarkoituksen edellyttämät sisäilmasto-olot energiatehokkaasti.

Sekä rakennuksen vaipan että tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että vuotokohtien läpi tapahtuvat ilmavirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille tai rakenteille ja rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia suunnitellusti. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku.

Rakennuksen lämmöneristyksen suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota rakennusosien oikeaan lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Näin on meneteltävä erityisesti silloin, kun rakennusosien lämmönläpäisykertoimina käytetään alla esitettyjä vertailuarvoja pienempiä arvoja.

Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin, eli U-arvo saa olla enintään $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ lämpimissä tiloissa ja $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ puolilämpimissä tiloissa. [Suomen RakMk C3 2010, 5-7]

2.2 Tuuletuksen mitoitus

Ryömintätilallisen alapohjan tuuletus pyritään yleensä järjestämään luonnollisen ilmanvaihdon avulla. Tämä tarkoittaa sitä, että tuuletuksessa käytetään hyväksi rakennuksen ulkopuolella vaikuttavia tuulenpainepaine-eroja tai asentamalla rakennuksen keskivaiheille katolle johtava tuuletusputki, joka painovoimaisesti savupiippuilmiota hyväksikäyttäen vaihtaa tilan ilmaa. Suositeltavaa onkin käyttää näitä molempia tapoja yhdessä. Tarpeen tullen tuuletus voidaan myös hoitaa koneellisesti

2.2.1 Tuuletus ulkoilman avulla

Ulkoilmalla tuuletetun ryömintätilan mitoitusohjeet löytyvät taulukosta 1. Alapohjan pinta-ala lasketaan kuten huoneala. Huonealan määritelmä on ala, jonka rajoina ovat huonetta ympäröivien seinien pinnat tai niiden jatke.

Tuuletusaukkoihin voidaan asentaa metallinen säleikkö tai verkko estämään pieneläinten pääsy tuulettutilaan. Verkon silmäkoon tulee olla vähintään $6 \times 6 \text{ mm}^2$. Silmäkooltaan pienempi verkko saattaa tukkeutua roskista. Tuuletusaukossa olevan verkon vaikutus pinta-alaan huomioidaan piennenskertoimella, joka saadaan taulukosta 2.

Kesäisin ei ole väliä, miten paljon ryömintätila tuulettuu. Mitä suurempi tuuletus on, sitä lämpimämpi ryömintätila on. Talvella sen sijaan liika tuuletus viilentää ryömintätilaa ja kosteuden tiivistymisriski suurenee. Liian suuri tuuletus viilentää myös lattiaa. Tuuletuksen lisääminen ei vaikuta ryömintätilan suhteelliseen kosteuteen alentavasti. Suhteellisen kosteuden alentamiseksi on kosteuden lähteet eliminoitava.

Tuuletusaukot sijoitellaan siten, ettei alapohjaan jää tuulettumattomia kohtia. Tuuletusaukot tulee sijoittaa siten, että perusmuurin vieressä oleva kasvillisuus tai lumi talvisin ei tuki niitä. Kuvassa 3 on esitetty tuuletusaukkojen sijoittelun periaate.

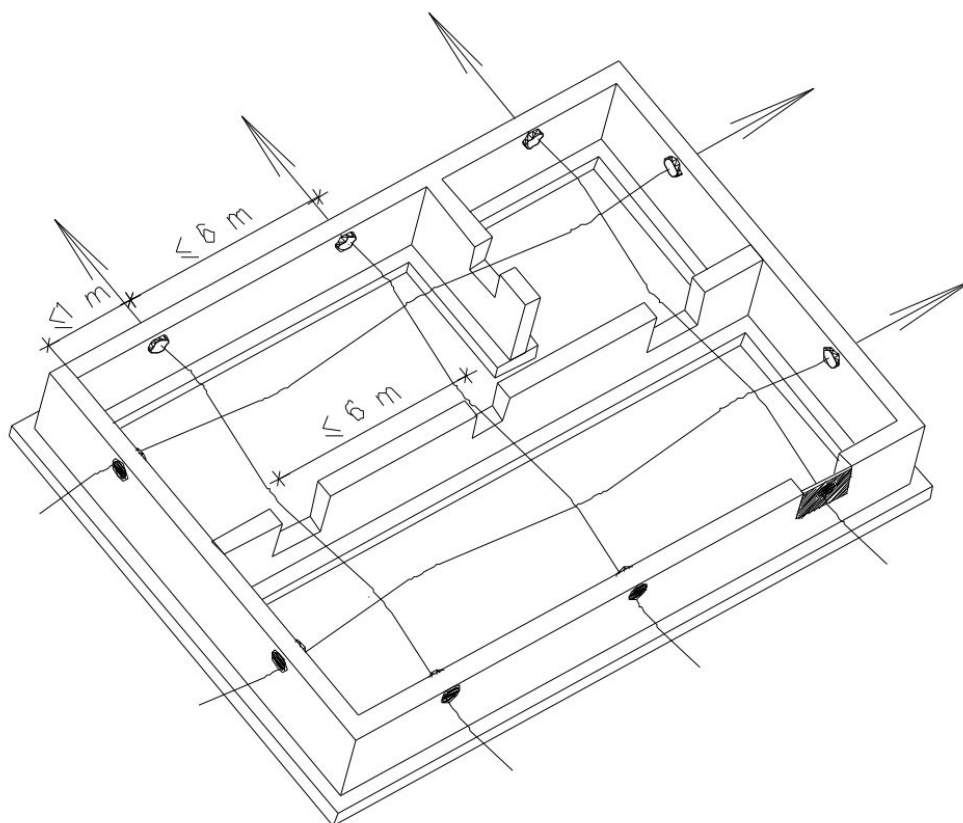
TAULUKKO 1. Ulkoilmaan rajoittuvien tuuletusaukkojen yhteenlaskettu tehollinen pinta-ala eri ohjeiden mukaan.

Ohje	Rakenuspaikka	Ilmanvaihto	Aukkojen tehollinen pinta-ala
RakMk C2	Kaikki	4 vaihtoa / h	4,0 promillea alapohjan pinta- alasta
RIL 107-2000	Tuulinen	1 vaihtoa / h	0,5 promillea alapohjan pinta- alasta
RIL 107-2000	Normaali	1 vaihtoa / h	1,0 promillea alapohjan pinta- alasta

Tuulelle alttiilla sijainnilla tarkoitetaan avoimessa maastossa yksin olevaa rakennusta.

TAULUKKO 2. Tuuletusaukkojen pienennyskertoimia

Säleikkö tai verkko	Aukon koko	Kerroin	(1)	(2)
Puristettu peltisäleikkö (1)	200x200	0,23		
Puristettu peltisäleikkö (1)	250x250	0,27		
Valettu Säleikkö (2)	200x200	0,58		
Valettu säleikkö (2)	250x250	0,58		
Hitsattu peltisäleikkö (3)	300x300	0,50		
Hitsattu Peltisäleikkö (3)	400x400	0,50		
Tuuletusputki		0,15		
Muoviverkko	150x150	0,89		
Metalliverkko	150x150	0,94		

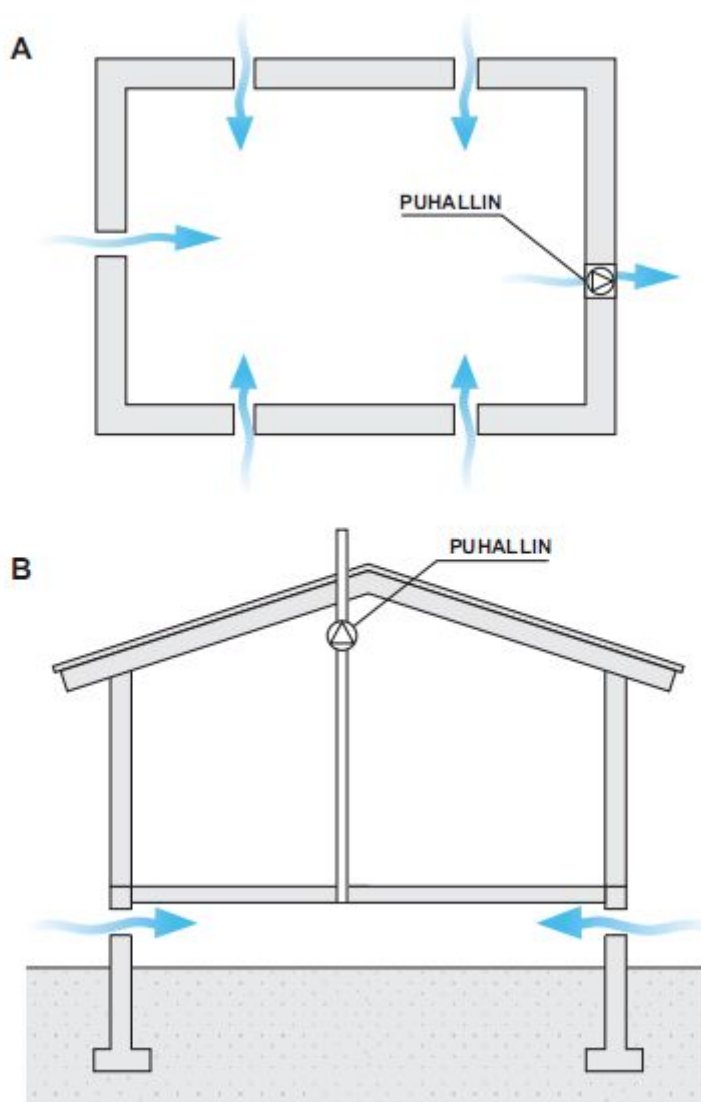


KUVA 3. Tuuletusaukkojen sijoittelun periaate (puuinfo.fi)

2.2.2 Koneellinen Tuuletus

Koneellista tuuletusta käytetään yleensä vain silloin, jos alapohjaan tulevan radonin määrä on niin suuri, ettei sitä saada tuuletettua tuuletusaukkojen kautta tarpeeksi tai jos alapohjan kosteutta ei saada tarpeeksi poistettua normaalin ulkoilman avulla tapahtuvan tuuletuksen avulla.

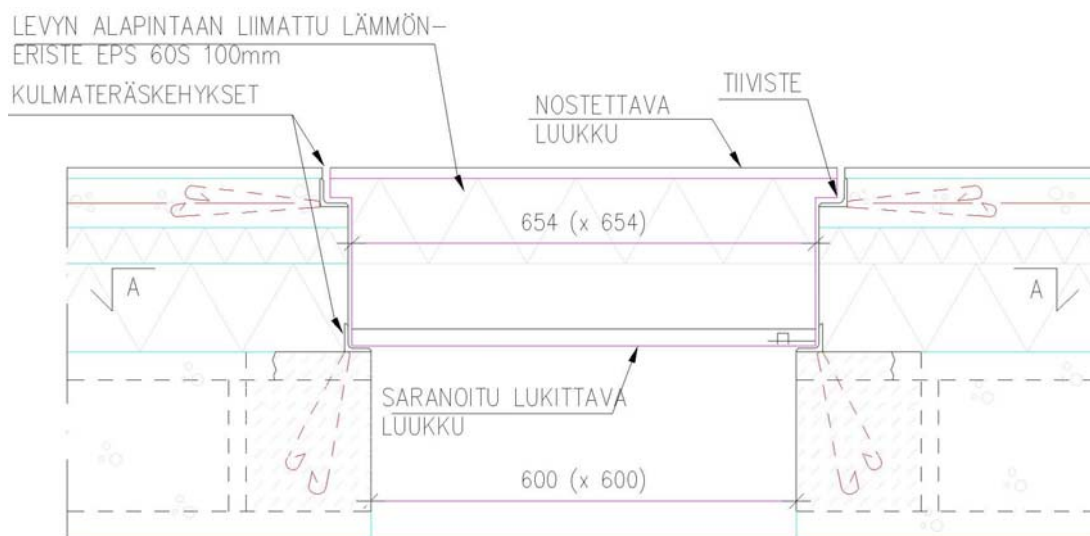
Koneellisen tuuletuksen yhteydessä aukkojen pinta-aloista ja määristä voidaan poiketa edellyttäen, että tuulettuminen varmistetaan. Poistoilma suositellaan vietäväksi katolle. Koneellinen tuuletus suunnitellaan yhteistyössä LVI-suunnittelijan kanssa. Perusilmanvaihdon suuruus on $0.5 \dots 1 \text{ m}^3 / \text{hm}^2$, vähintään 0,5 vaihtoa/h. (Sisäilmäyhdistys)



KUVA 4. Ryömintätilan koneellinen tuuletus. Tuuletin asennettu sokkeliin ja katolle vievään poistoputkeen (Arvela, ym. 2008)

2.3 Huoltoluukku

Tuulettuvan alapohjan kaikkiin osiin on järjestettävä tarkastusmahdollisuus. Tämä järjestetään huoltoluukulla. Käytännöllisintä olisi asentaa luukku perusmuuriin, mutta monesti ainakin betonielementeistä valmistetuissa ratkaisuissa tämä ratkaisu ei ole mahdollista. Jos luukkua ei voi asentaa perusmuuriin niin ensisijaisesti se kannattaa sijoittaa johonkin varastotilan lattiapintaan, jottei se vaikuttaisi kyseisten tilojen käyttötarkoitukseen. Huoltoluukun tulee olla minimissään 600x600 mm kokoinen. Luukun suositeltu koko on 800x800 mm. Luukun pitää olla ilmatiivis, asianmukaisesti eristetty ja täyttää viranomaisten asentamat palomääräykset. Yleensä käytetään kaksoisluukkua, jotta hyvä lämmöneristävyys ja tiiveys saavutetaan.



KUVA 5. Tarkistusluukun asentaminen Ontelolaattaan (Parma 2010)

3 ONGELMAT

3.1 Kosteus

Tuulettuvaan alapohja on herkempi kosteusongelmille kuin muut alapohjatyypit, koska kosteudella on useampia vaihtoehtoja päästä rakenteisiin kuin muissa alapohjatyypeissä. Alapohjaan voi päästä kosteutta maaperästä, ilmasta tai vuotavista putkista. Ajan myötä näistä voi muodostua kosteus- ja homevaurioita talon rakenteisiin ja näin ollen heikentää niitä ja aiheuttaa terveysongelmia talossa asuville ihmisille.

Rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, ettei sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi haitallisesti tunkeutuu rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Tarvittaessa rakenteen on kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamiseen esitetään suunnitelmissa menetelmä.

Sisäilman vesihöyryn haitallisen konvektion estämiseksi tulee rakennuksen vaipan ja sen yksityiskohtien olla niin tiiviitä läpi kulkevien ilmavuotojen suhteen, että syntyy edellytykset pitää rakennus pääsääntöisesti alipaineisena. Rakennuksen ulkopinnan ja sen yksityiskohtien tulee estää veden ja lumen haitallinen tunkeutuminen rakenteisiin myös tuulen vaikutuksesta. [Suomen RakMk C2 1998, 3, 3-4]

3.1.1 Maaperän kosteus

Maaperässä kosteutta voi esiintyä pohjavetenä, pintavetenä tai maaperän huokosissa esiintyvänä vesihöyrynä. Pohjavedestä voi koitua ongelmia jos maaperään ei ole tehty salaojitusta tai sen toiminta on puutteellista. Tällöin pohjavettä saattaa nousta ryömintätilaan.

Pintavettä saattaa päästä ryömintätilaan, jos sokkelin reunustojen kaadot on tehty niin, että vesi pääsee kerääntymään sokkelin reunustoille sen sijaan, että se virtaisi ulospäin sokkelista.

Maan huokosissa oleva vesihöyry saattaa nousta kapillaarisesti ryömintätilaan, jos maaperään ei ole tehty kapillaarikatkoa sorasta. Vesihöyry tiivistyy rakenteissa kosteudeksi.

Maanvastaisten rakenteiden kanssa kosketuksissa olevien maamateriaalien kapillaarisuus ja muut kosteustekniset ominaisuudet on selvitettävä siten, että maasta rakenteisiin siirtyvän kosteuden haitalliset vaikutukset voidaan ehkäistä.

Maanvastaisen lattian alapuolelle ja maanvastaisten seinien ulkopuolelle rakennettavissa salaojituserroksissa käytettävän materiaalin kapillaarisuuden on oltava riittävän pieni, jotta salaojituserros luotettavasti katkaisee haitallisen veden kapillaarisen vaaka- ja pystysuuntaisen siirtymisen maapohjasta rakenteisiin. [Suomen RakMk B3 2004, 6]

3.1.2 Ilmankosteus

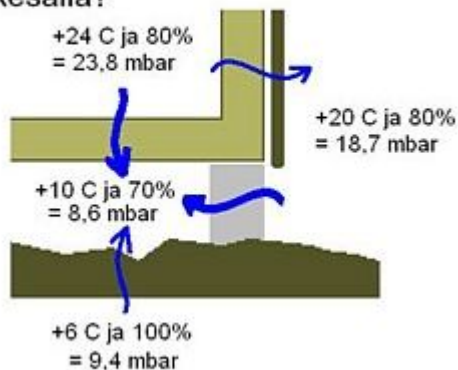
Kosteus ilmaisee veden tai vesihöyryn määrää toisessa aineessa. Ilmankosteus on siis ilman ja vesihöyryn seos. Ilmankosteus saattaa aiheuttaa ongelmia ryömintätiloissa kesäisin kun ryömintätilan ilman lämpötila saattaa olla huomattavasti alempi kuin ulkoilman.

3.2 Rossipohjan kosteuskäyttäytymisen teoria

3.2.1 Rossipohja kesällä ja keväällä

Kun maaperän lämpötila on +5 astetta, on maaperän huokoisissa vesihöyryn osapainen noin 8,7 mbar (100%). Jos halutaan, että tuuletustilan suhteellinen kosteus on korkeintaan 70%, pitäisi lämpötilan olla tuuletustilassa +10 astetta tai korkeampi (vesihöyryn osapaine 8,7 mbar), jotta vesihöyryä ei nousisi maaperästä tuuletustilaan. Vesihöyry virtaa sinne, missä sen paine on pienempi. XPS-lämmöneriste maanpinnalla, estää maasta nousevaa vesihöyryä sekä tuuletustilan lämmön siirtymistä maaperään.

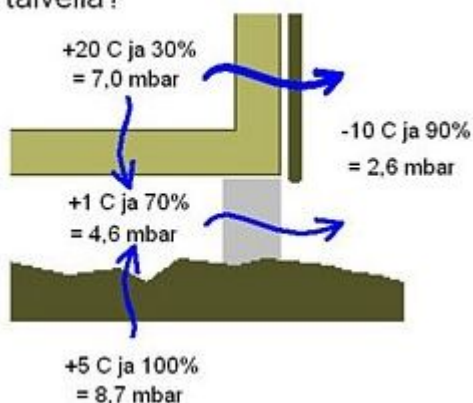
Mihin suuntaan vesihöyry virtaa kesällä?



ta tuuletustilaan, koska ulkoilma on lämpimämpää kuin tuuletustilassa. XPS-lämmöneriste estää lämmön siirtymistä maaperään, jolloin tuuletustilan lämpötila nousee nopeasti lähelle ulkoilman lämpötilaa ja näin suhteellinen kosteus tuuletustilassa alenee. [www.finnfoam.fi]

3.2.2 Rossipohja talvella

Mihin suuntaan vesihöyry virtaa talvella?



höyryn osapaine maassa 8,7 mbar. Maaperästä nousee vesihöyryä tällöin $8,7 - 4,6 = 4,1$ mbar:n voimalla. Tiivis XPS-lämmöneriste estää vesihöyryn pääsyä maasta tuuletustilaan. [www.finnfoam.fi]

Jotta ulkoa tuleva tuuletusilma kuivattaisi tuuletustilaa eikä päinvastoin, pitäisi ulkoilman olla siis kuivempaa kuin tuuletustilassa olevan ilman. Jos siis tuuletustilan lämpötila on +10 astetta ja suhteellinen kosteus 70% (vesihöyryn osapaine 8,7 mbar), ulkoilma saa olla korkeintaan 80% ja +8 astetta. Keväällä ja kesällä tuuletusilma tuo siis helposti enemmän kosteutta tuuletustilaan, koska ulkoilma on lämpimämpää kuin tuuletustilassa.

Kylmä ilma kuivattaa tehokkaasti rakenteita. Ulkoilman, jonka suhteellinen kosteus on 90% ja lämpötila -10 astetta, vesihöyryn osapaine on vain noin 2,6 mbar ja kosteuspitoisuus 1,8 g/m³. Kun tämä ilma lämpiää tuuletustilassa +1 asteeseen, on sen kosteuspitoisuus jo 3,5 g/m³ ja osapaine 4,6 mbar, kun suhteellinen kosteus on 70%. Jos maaperän lämpötila on +5 astetta, on vesi-

3.3 Homeet, mikrobit ja laho

Homesienten itiöitä on kaikkialla. Kasvaakseen homeet tarvitsevat kosteutta, ravinteita ja lämpöä. Ne ovat kuitenkin hyvin vaatimattomia kasvuvaatimustensa suhteen,

jopa rakenteiden pinnalla oleva pöly saattaa sisältää tarpeeksi ravinteita joidenkin homesienten kasvun käynnistämiseen.

Jotta homekasvusto syntyy rakenteisiin, pitää sen olla pitkäaikaisen kosteusvaikutuksen alaisena. Kasvun edellyttämää kosteuden määrä vaihtelee homelajin mukaan, mutta n. 70% ilmankosteus antaa hyvät kasvumahdollisuudet homeelle. Optimaalinen lämpötila homeen kasvamiselle vaihtelee myös lajeittain. Homeet kasvavat n. 0-55 C° lämpötilassa. Normaali huonelämpötila on siis optimaalista kasvualustaa homeille.

Lahovaurioita alkaa syntymään, kun ilmankosteus pysyy pitkän aikaa 90-95 prosentissa. Lahottajasienet ovat siinä mielessä homesieniä vaarallisempia, että ne voivat rihmastonsa avulla siirtää vettä kosteasta rakenteesta kuivaan rakenteeseen jopa pienten halkeamien kautta.

Rakenteen- tai ilmankosteuden pienenessä tarpeeksi, jää homekasvusto lepotilaan. Kosteuspitoisuuden noustessa taas tarpeeksi suureksi jatkaa homekasvusto kasvua. Myöskään pakkanen ei tuhoa homekasvustoa, vaan se siirtyy sen vaikutuksesta myöskin lepotilaan.

Sienilaji	Lämpötila (°C)			Kosteus (%)	
	min	optimi	max	min	optimi
<i>Aspergillus</i>					
<i>candidus</i>	3–4	20–24	40–42	75	90
<i>chevalieri</i>	10	30	42	71	93
<i>clavatus</i>	5–6	20–25	42	88	98
<i>flavus</i>	6–8	35–37	42–45	80	95
<i>fumigatus</i>	10	37	52–55	85	98
<i>nidulans</i>	6–8	35–37	46–48	80	95
<i>niger</i>	6–8	35–37	45–47	88	97
<i>versicolor</i>	4–5	25–30	38–40	75	95
<i>Altenaria</i>					
<i>tenuis</i>	0	20–25		85	98
<i>Botrytis</i>					
<i>cinerea</i>	2	22–25	30–33	93	100
<i>Cladosporium</i>					
<i>herbarum</i>	–5	24–25	30–32	85	96
<i>Mucor</i>					
<i>racemosus</i>	–3	20–25	30–33	92	98
<i>Penicillium</i>					
<i>chrysogenum</i>	–4	25–28	32–33	85	96
<i>cyclopium</i>	5	23	32	82	98
<i>expansum</i>	–3	25–26	33–35	82	96
<i>islandicum</i>	10	31	38	83	97
<i>italicum</i>	–3	22–24	32–34	87	96
<i>mortensii</i>	5	23	32	79	98
<i>Rhizopus</i>					
<i>stolonifer</i>	5–6	26–29	32–34	92	98
<i>Stachybotrys</i>					
<i>atra</i>	2–3	25–27	37–40	93	100

KUVA 5. Homesienten kasvuun tarvittavat lämpötila- ja kosteusolosuhteet (Ympäristöministeriö)

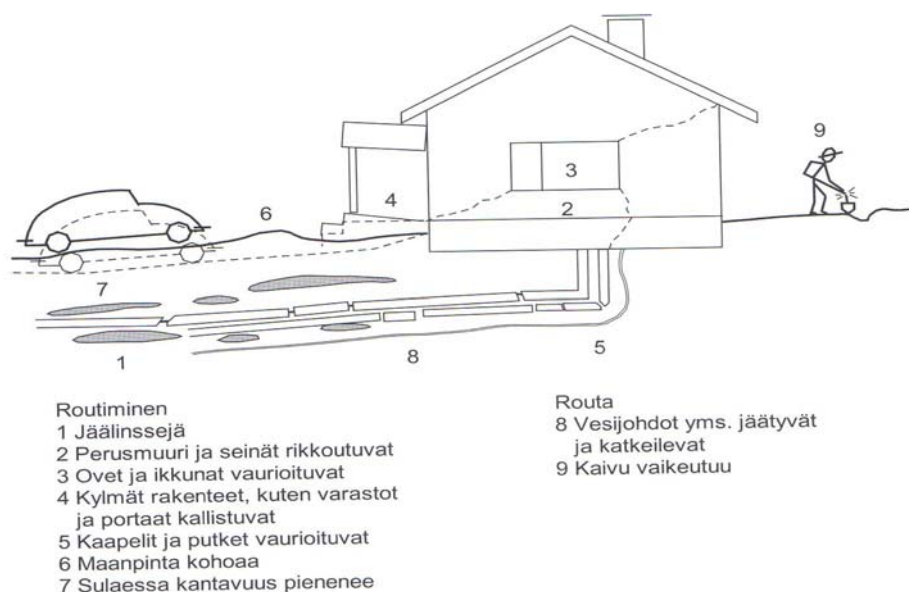
3.4 Routa

Routimisella tarkoitetaan sitä, että maan huokosissa oleva vesi alkaa jäätyä. Routa on siis maassa olevan veden jäätyämisen johdosta kovettunut maakerros. Tämä voi johtaa siihen, että maakerroksen tilavuus muuttuu, eli maa alkaa routia. Maakerroksissa olevan veden katsotaan jäätyvän, kun maaperän lämpötila laskee alle 0 °C:n. Todellisuudessa jäätyminen alkaa kuitenkin hieman alemmassa lämpötilassa.

Maaperän routimisen edellytyksenä on, että maalaji on routivaa, jäätymisrintamassa on vettä ja maakerroksen lämpötila alittaa jäätymislämpötilan.

Roudan syvyyteen vaikuttavat:

- maalajin lämmönjohtavuus, lämpökapasiteetti ja vesipitoisuus
- ilmasto (pakkasmäärä, keskilämpötila, lumikerroksen paksuus)
- maan pintakasvillisuus ja muoto
- rakennus ja perustuksen rakenne

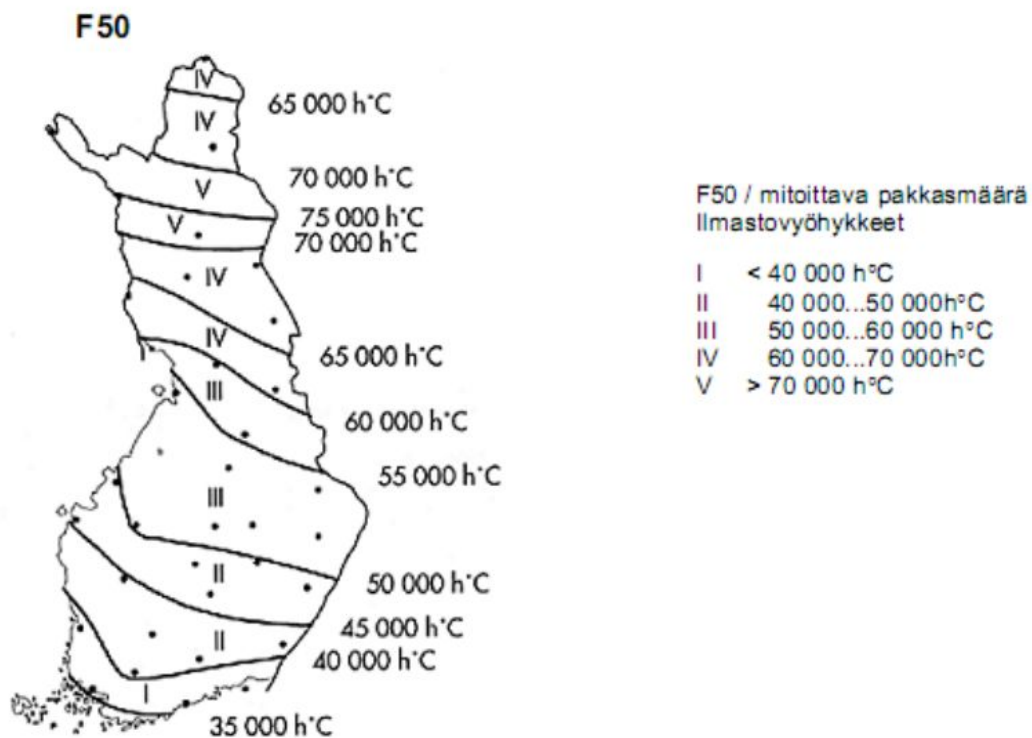


KUVA 6. Routimisen aiheuttamat ongelmat (Rakennustieto 2007)

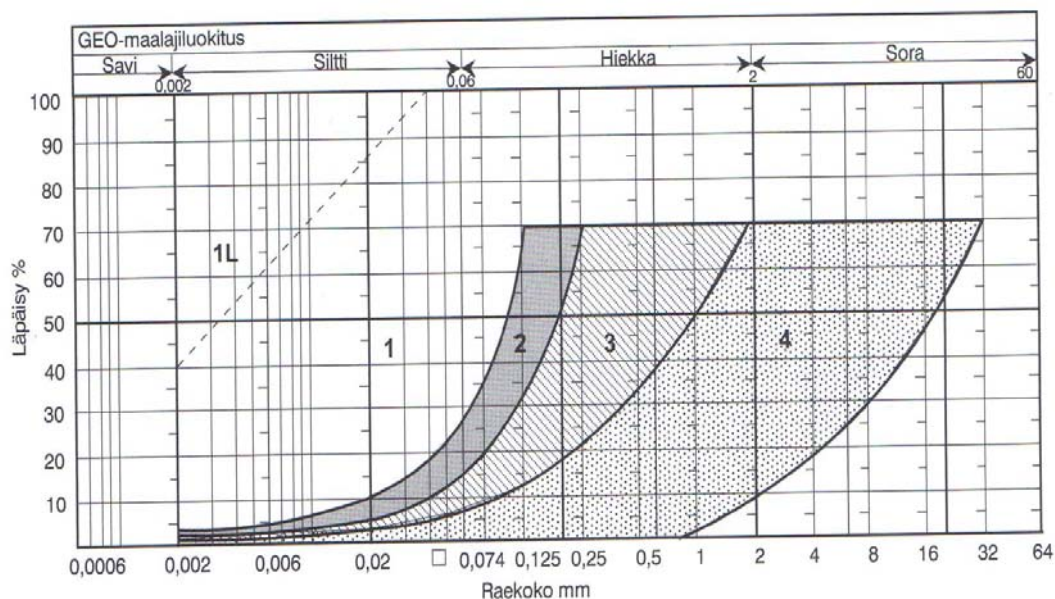
Pohjatutkimuksen yhteydessä tehtävillä havainnoilla ja määrittäyksillä on hankittava sellaiset lähtötiedot rakennuspohjan routaantumisesta, joiden perusteella voidaan suunnitella ja toteuttaa mahdollisesta routimisesta aiheutuvien haittojen estämistimenpiteet.

Maalajien routivuutta voidaan likimäärin arvioida rakeisuuskäyrän perusteella. (KUVA 9). Rakeisuuskäyrällä 1 sijaitsevat maalajit ovat yleensä routivia. Rakeisuuskäyrällä 2,3 ja 4 sijaitsevat maalajit ovat yleensä routimattomia, ellei käyrien alapää päätty vasemmanpuoleisen. Luotettavammin maakerroksen routivuutta voidaan arvioida laboratoriossa tehtävillä kapillaarisuus- ja routanousukokeilla sekä maastossa tehtävillä routanousuhavainnoilla. Roudan syvyyttä voidaan arvioida sa-

mankaltaisissa olosuhteissa tehtyjen luotettavien havaintojen perusteella sekä laskennallisesti routasyvyyteen vaikuttaviin ilmasto- ja maaperätekijöihin perustuen. Pysyvien, lämpimien rakennusten sekä herkästi vaurioituvien kylmien rakenteiden yhteydessä roudan syvyyden arvioinnin mitoitusperusteena on suositeltavaa käyttää kerran 50 vuodessa toistuvaa maksimipakkasmäärää. [Suomen RakMk B3 2004, 7]



KUVA 8. Mitoittava pakkasmäärä ja ilmastovyöhykkeet. (RT 81-10590)



KUVA 9. Rakeisuuden määrittäminen rakeisuuskäyrän avulla (Rakennustieto 2007)

TAULUKKO 3. Maalajien routivuusryhmät

Routivuusryhmä	Maalaji	Huom.
Yleensä routiva	Savi, Siltti Savinen siltti Hiekkainen siltti Silttimoreeni Savinen silttimoreeni Hiekkainen silttimoreeni Silttinen hiekkamoreeni	Siltti muodostaa edulliset olosuhteet veden virtaukselle jäätymisrintamaan. Kapillaarisuus >2 m
Routiva, jos jäätymisrintamaan voi kulkeutua riittävästi vettä	Moreeni Hiekkamoreeni Soramoreeni Silttinen hiekka	Kapillaarisuus 1-2 m
Yleensä routimaton	Hiekkamoreeni Soramoreeni Hiekkainen soramoreeni Sorainen hiekkamoreeni Sorainen hiekka Hiekka, Sora	Kapillaarisuus < 1 m

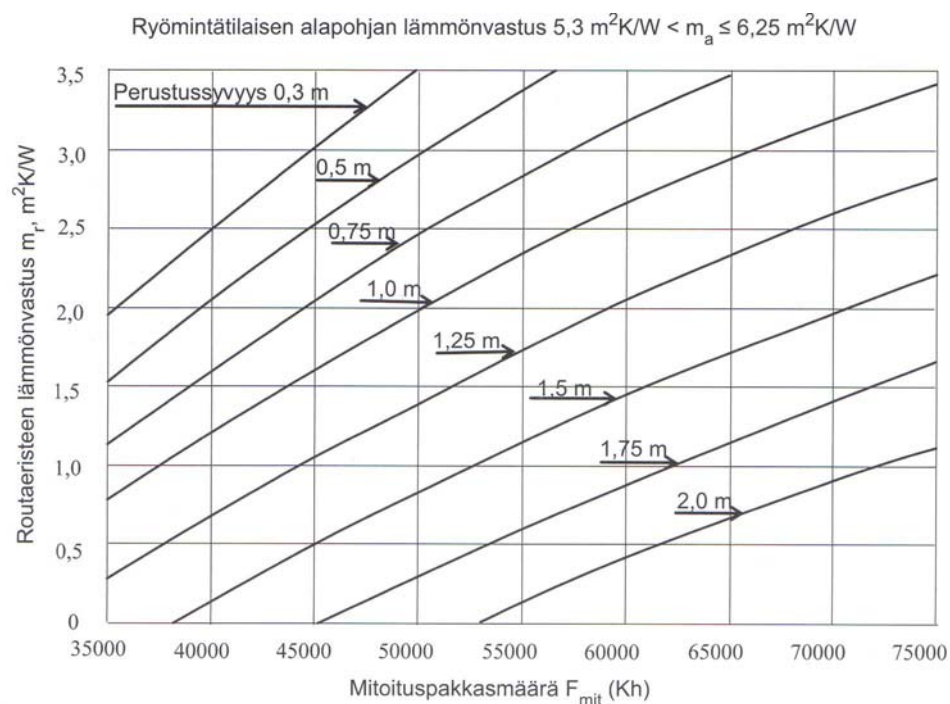
Tuulettuvan alapohjan routasuojauksen mitoituksessa oletetaan, että ulkoa tuulettuvan ryöminätilan lämpötila on yli 0 °C. Mikäli on odotattevissa, että ryömintätilan lämpötila laskee pidemmäksi aikaa alle 0 °C tulee routasuojaus lisätä myös ryömintätilan puolelle.

TAULUKKO 4. Ryömintätilallisen alapohjarakenteen routasuojauksen leveys.

Alapohjan lämmönvastus (m ² K/W)	Mitoittava pakaksmäärä (Kh)	Routaeristeen leveys (m)
5,3	35000-55000	1,0
5,3	55000-75000	1,2
6,25	35000-55000	1,2
6,25	55000-75000	1,5

Ulkoa tuulettuvan ryömintätilan routaeristykseen tarvittava lämmönvastus voidaan määrittää kuvasta 10 pakkasmäärän ja sallitun routasyvyyden avulla silloin kun

- Ryömintätilan alapohjan lämmönvastus on $5,3 - 6,25 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Sisälämpötila $> 17 \text{ }^\circ\text{C}$
- Rakennuksen leveys $> 4 \text{ m}$
- maanpinta rakennuksen vierellä on lumeton
- Ryömintätilan lämpötila $> 0 \text{ }^\circ\text{C}$
- ryömintätilan tuuletus $< 0,6 \text{ l/sm}^2$
- Perusmuuri on hyvin eristetty (eristys ulkopinnassa tai perusmuuri on tehty kevytsorabetoniharkoista)
- Routaeristykseen leveys taulukosta 4



KUVA 10. Routasuojauksen mitoitus. Ryömintätilallinen alapohja (Rakennustieto 2007)

Esimerkkejä routasuojauksesta löytyy liitteestä 4.

3.5 Radon

Radon on hajuton, mauton ja näkymätön radioaktiivinen jalokaasu. Radon syntyy maankuoressa ja kaikessa kiviaineksessa jatkuvasti uraanin ja toriumin hajoamisen välituotteena. Maaperästä radon virtaa perustuksiin ja huoneilmaan sisätiloissa vaikuttavan alipaineen takia. Alipaine syntyy, koska sisätiloissa on Suomessa yleensä huomattavasti lämpimämpää kuin ulkoilmassa. Myös maaperän ilmanläpäisevyys vaikuttaa huomattavasti radonpitoisen ilman virtauksen määrään. Sisäilmaan radon pääsee perustuksissa olevien rakojen kautta. Ulkoilmassa radonpitoisuus pienenee nopeasti, mutta asuntojen radonpitoisuus saattaa nousta korkeaksi huonon ilmanvaihdon takia. Suuret radonpitoisuudet lisäävät riskiä sairastua keuhkosityöpään. Riski kasvaa sitä mukaa kuinka suuri radonin määrä ilmassa on ja kuinka kauan sille altistutaan.

Radon-pitoisuuksia mitataan sen lähettämän säteilyn avulla. Pitoisuudet ilmoitetaan Becquereleina (Bq), joka on radioaktiivisuuden SI-yksikkö. Suomen sosiaali- ja terveysministeriö on antanut päätöksellään ohjeen asuinhuoneistojen radonpitoisuuksien enimmäisarvoista. Kaikki uudisrakennukset tulisi suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylitä 200 Bq/m^3 . Vastaavasti vanhojen talojen radonpitoisuus ei saa ylittää 400 Bq/m^3 . Radonpitoisuudella tarkoitetaan radonpitoisuuden vuosikeskiarvoa joka mittaamalla on saatu. Mittaustuloksen tulee perustua vähintään 2 kauden yhtäjaksoiseen mittausjaksoon. Jos talon radonpitoisuudet ylittävät 400 Bq/m^3 , tulisi ryhtyä toimenpiteisiin radonpitoisuuksien vähentämiseksi.

4 RAKENNERATKAISUJA

4.1 Perustukset

Tuulettuvan alapohjan perustukset voidaan tehdä joko umpinaisena perusmuurina jolloin perusmuuri varustetaan tuuletusakoin tai pilariperustusratkaisuna. Pilariperustusratkaisua käytetään yleensä vain pienemmissä kohteissa, kuten kesämökeissä ja autokatoksissa yms.

4.1.1 Perusmuurilliset, tuuletusaukoin varustetut ratkaisut

Kevytsoraharkko on yleinen omakotitalojen perustamisratkaisu. Se voidaan toteuttaa muuratuilla umpiharkkoilla, joissa yleensä on ilmatilat keskellä. Ilmatilan tarkoitus on keventää harkkoa ja parantaa sen lämmöneristysominaisuuksia. Toinen tapa on käyttää lämpöeristettyä kevytsoraharkkoa, jossa kevytsoraharkon keskellä on valmiiksi asennettu lämmöneriste. Lämmöneristeen tarkoituksena on parantaa valmiin seinän lämmöneristysominaisuuksia.

Kevytsoraharkkojen sijasta voidaan myös käyttää betoniharkkoja joista myös on lämmöneristettyjä versioita. Betoniharkkoja on kahta eri tyyppiä: Muurattava betoniharkko ja muottiharkko. Muurattava betoniharkko muurataan tavanomaisella muurauslaastilla ja siinä on urat, joihin muurauksen yhteydessä asetetaan harjateräksset.

Muottiharkkoja ei muurata vaan ne ladotaan päällekkäin. Muottiharkkoissa on onkalot, jotka latomisen jälkeen täytetään betonilla. Betoni tiivistää ja yhtenäistää rakenteen. Myös muottiharkkoissa on onkalot raudoitusteräksiä varten. Ladonnan yhteydessä onkaloihin asennetaan harjateräksset.

Paikalla valettu perusmuuri toteutetaan valamalla betoni paikalla rakennettuihin muotteihin, joihin on asennettu betonirauditus ennen valua.

Elementtiperusmuuri voidaan toteuttaa tehdasvalmisteisella betonielementillä tai ontelolaattaelementeillä.

4.1.2 Pilariperustusratkaisut

Kevytsoraharkkopilarit voidaan toteuttaa muuratuilla kevytsoraharkkopilareina. Voidaan myös käyttää joko kevytsorasta tai betonista tehtyjä muottiharkkoja, jotka latomisen jälkeen valetaan betonilla.

Betonipilariratkaisu toteutetaan muottiin valetuilla betonilla. Muottiin asennetaan betonirauditus ennen valua.

Teräspilarit voidaan toteuttaa joko lyötävillä tai porattavilla teräspilareilla.

4.2 Puu

Puinen, lämmöneritetty tuulettualapohja on yksi tavanomaisimmista kantavista alapohjaratkaisuista. Se toteutetaan yleensä massiivipalkeilla tai uumapalkiella. Puisessa tuulettuvassa alapohjassa on suositeltavaa käyttää erillistä ilmansulkukerrosta lattian levyrakenteen alla. Ilmansulkukerrosena voi käyttää esimerkiksi muovikalvoa. Ilmasulku voidaan käyttää myös itse lattialevyä. Tällöin lattialevyn tulisi olla ympäröity pontattua, paksua kansilevyä jotka liimataan yhteen ja saumojen tiiveys valmistetaan vielä teippaamalla.

Lämmöneristeenä voidaan käyttää puukuituvillaa tai mineraalivillaa, niin puhallettuna kuin levynä. Vastaavasti voidaan käyttää myös EPS-eristettä, jolloin myös rakenteen paksuutta saadaan piennetty. Periaatteeltaan rakenne on kuitenkin aina sama, käytettiin eristeenä mitä tahansa.

Esimerkkejä puisista rakenneratkaisuista löytyy liitteestä 1.

4.3 Betoni

Betoninen tuulettuva alapohja tehdään yleensä ontelolaatoista, joiden alapuolelle on valmiiksi kiinnitetty lämmöneristyslevy. Elementtien saumat vaativat erillisen ilmansulkukerroksen saumavalujen halkeilun takia. Saumojen halkeamista ilma saattaa päästä lämmöneristyskerrokseen. Jos ontelolaatan päälle tehdään erillinen pintavalu, voidaan tätä pitää riittävänä ilmansulkukerrosena Elementtien alapuolisten eristeiden saumat tulisi tiivistää polyuretaanivaahdolla tiiviiksi.

Kosteusteknisesti turvallisempi tapa on sijoittaa lämmöneriste betonilaatan alapuolelle, jolloin vesihöyryn tiivistymisriski betonirakenteen alapinnalle on vähäisempi ja samalla rakenne säilyy kuivempana. Toisaalta alapuolisen eristyksen tapauksessa

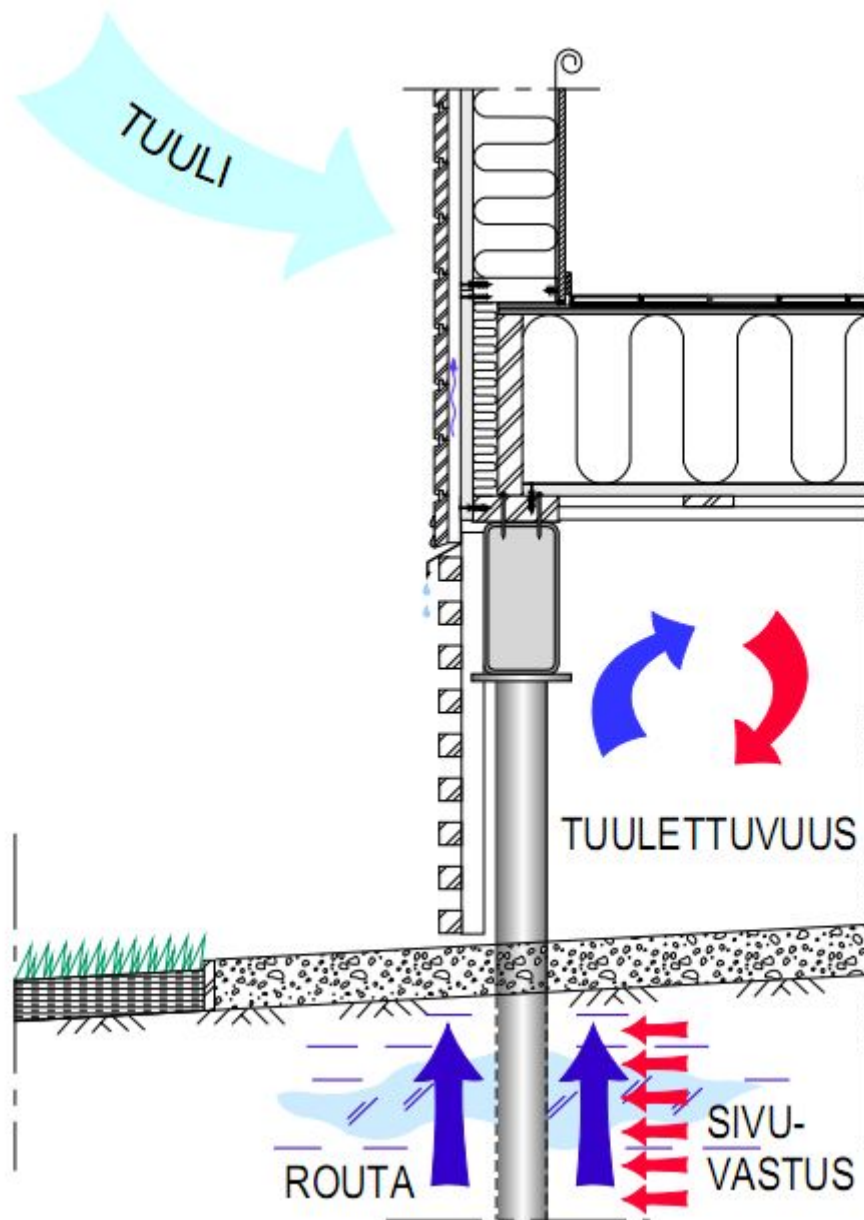
seinän ja perusmuurin liittymäkohtaan muodostuu helposti kylmäsilta, joka vaatii erityishuomiota (Sisäilmäyhdistys)

Esimerkkejä Betonisista rakenneratkaisuista löytyy liitteestä 2.

4.4 Teräs

4.4.1 Tuulettuva teräasperustusjärjestelmä

Tuulettuva teräasperustusjärjestelmä on kehitetty korvaamaan raskaat paikallavalettavat anturat. Siinä antura korvataan kevyemmällä paalu- tai pilariperustuksella, joiden asennus käy nopeasti joko poraamalla tai lyömällä. Se on kehitetty niin, että se on riippumaton yläpuolisista rakenteista. Perustusjärjestelmässä käytetään teräspaaluja, jotka liittyvät alapohjarakenteisiin teräksistem, puisten tai betonisten palkkien välityksellä.



KUVA 11. Tuulettuvan teräspäristysjärjestelmän periaatepiirros (Pitkänen 2004)



KUVA 12. Teräspilariperustusta käytetty tilaelementtirakentamisessa. (Pitkänen 2004)

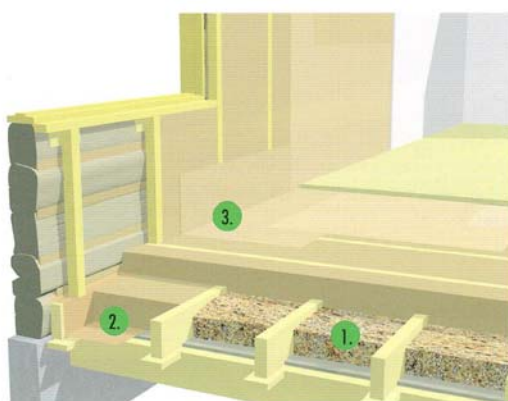
5 VANHOJEN ALAPOHJIEN KORJAUS

Kuntokartoituksella ja sitä mahdollisesti seuraavalla kuntotutkimuksella selvitetään minkälaisia vaurioita alapohjasta löytyy ja minkälaisiin korjaustarpeita nämä vaativat. Kuntokartoitus on aistinvarainen tutkimus jossa katsomalla, kuuntelemalla ja haistamalla selvitetään mahdollisia vaurioita. Lisäksi voidaan käyttää myös esimerkiksi pintakosteusmittaria, jolla saadaan osviittaa rakenteiden kosteudesta rikkomatta rakenteita. Jos kuntokartoituksella havaitaan mahdollisia vaurioita, voidaan niitä tarkemmin selvittää kuntotutkimuksen avulla. Kuntotutkimuksessa käytetään erilaisia keinoja rakenteiden kunnon selvittämiseksi. Näihin kuuluu piirustusten tutkiminen, paikalla tehtävät mittaukset ja koestukset, rakenteiden tähytykset ja kuvaukset, sekä näytteiden otto rakenteista ja niiden tutkiminen laboratoriotutkimus.

5.1 Lisäeristys

Lämmityskustannukset nousevat jatkuvasti. Tämän takia lisäeristämisen tarve ja hyöty suurenevät myös jatkuvasti. Jopa 2000-luvulla rakennetuissa taloissa on ongelmia ilmanpitävyyden ja lämmöneristyspaksuuden kanssa. Nämä ongelmat korjaamalla päästään huomattaviin säästöihin lämmityskustannuksissa. Ilmanpitävyyden parantaminen ja lisälämmöneristäminen saattavatkin maksaa itsensä takaisin jo muutamassa vuodessa lämmityskustannusten säästöinä.

Puurakenteisen tuulettuvan alapohjan lisäeristäminen tapahtuu joko niin, että vanhojen eristeiden päälle lisätään uusi kerros eristettä tai vanhat eristeet poistetaan kokonaan ja korvataan uudella paksummalla kerroksella eristettä. Molemmissa tapauksissa alapohjaan pitää tehdä uusi koolaus lisäeristettä varten.



1. Jos rossipohjassa oleva eriste on kuivaa ja eristeen paksuus on suurempi kuin 300 mm, on sen poistaminen usein tarpeetonta.
2. Alapohjan tiiviyyttä voidaan parantaa poistamalla vanha eriste seinien viereltä ja asentamalla ilmansulkuperi eristetilan pohjalle ja liittämällä se seinään.
3. Villan päälle tuleva ilmansulku limitetään huolellisesti seinän ilmansulun kanssa.

KUVA 13. Puurakenteisen alapohjan lisäeristys levyvillalla (Romppainen 2010)

Betonirakenteisen tuulettuvan alapohjan lisäeristeenä voidaan käyttää joko mekaanisesti kiinnitettyjä polystyreenilevyjä tms. tai hyvällä tartuntapinnalla ruiskutettavaa uretaanimassaa. Irtolevyjen liimaaminen ryömintätilan olosuhteissa on hankalaa.

5.2 Home- ja lahovaurioiden korjaus

5.2.1 Vaurioiden tunnistaminen

Rakenteiden pinnalla oleva silmin nähtävä mikrobikasvusto erottuu yleensä värinmuutoksina materiaalin pinnalla, tai selvänä pistemäisenä tai pölymäisenä kasvustona.

Rakenteiden sisällä saattaa kehittyä ajan myötä mikrobikasvustoa, jota ei silmin havaita rakenteen pinnoilla. Tämä saatetaan huomata aika ajoin aistittavana homeen hajusta tai tunkkaisesta hajusta. Haju johtuu mikrobien aineenvaihdunnasta, joka vaihtelee mm. eri kosteusolosuhteiden aikana. Tämän takia on normaalia, että haju havaitaan vain ajoittain. Myös rakennuksen ilmanvaihto ja ulkoiset tekijät saattavat vaikuttaa hajun havaitsemiseen.

Rakennuksessa oleskelevien henkilöiden oireilu saattaa olla merkki mikrobien aiheuttamista terveyshaitoista. Tyypillisimpiä oireita ovat silmien, ihon ja hengitysteiden ärsytysoireet kuten yskä, nenän tukkoisuus, nuha, toistuva nenäverenvuoto, hengitysvaikeudet ja äänenkäheys. Lisäksi voi esiintyä päänsärkyä, kuumeilua, väsymystä ja pahoinvointia.

Ratkaisuja kosteus-, home ja lahovaurioiden korjaukseen löytyy kuvien 14 ja 15 selitysteksteistä.

5.3 Radontekninen korjaus

Tuuletetun alapohjan esiintyy vähemmän radon-ongelmia kuin muissa perustustavoissa. Ongelmia voi kuitenkin syntyä, jos alapohjan tuuletus ei toimi kunnolla tai alapohjan tiivistys on puutteellista, jolloin alapohjassa olevien rakojen kautta pääsee radonia huoneilmaan.

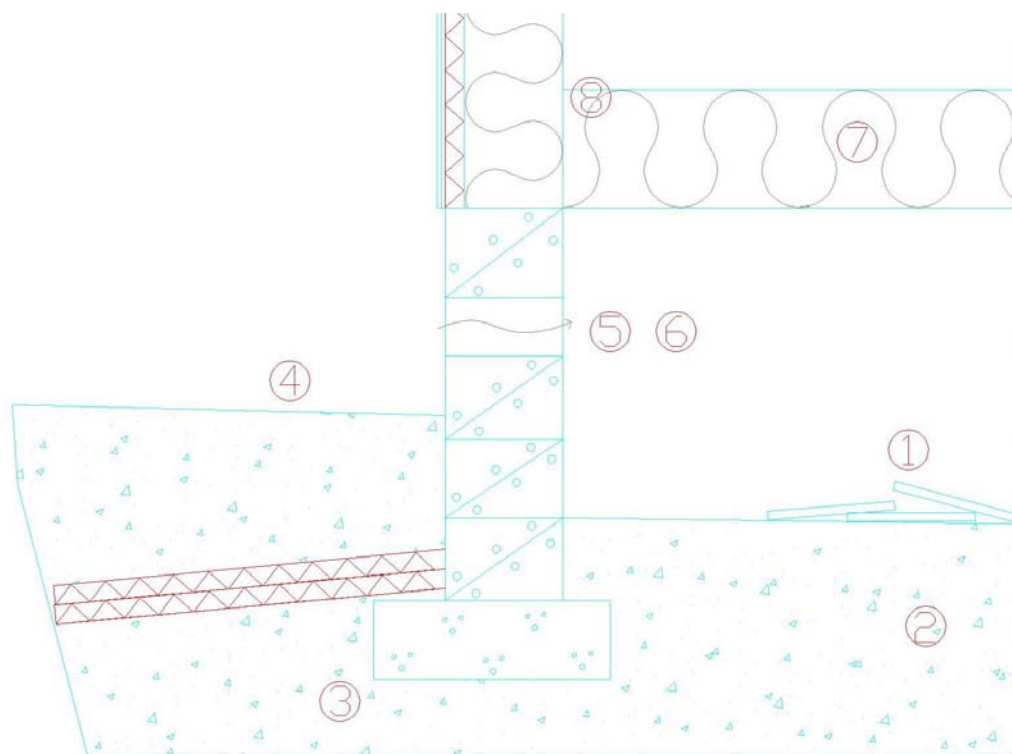
5.3.1 Periaatteet

Tuulettuvan alapohjan korjausmenetelmät perustuvat alapohjan ilmanvaihdon parantamiseen ja alapohjan ilmavuotojen pienentämiseen tai näihin molempiin. Ilmanvaihtoa parantamalla saadaan alapohjan radonpitoisuus pienemmään ja ilmavuotojen pienentämisellä vähennetään sisälle huoneilmaan pääsevän radonin määrää.

5.3.2 Toimenpiteet

Huonoon ilmanvaihtoon saattaa olla muutamia syitä. Ryömintätilassa saattaa olla liian vähän tuuletusaukkoja tai ne ovat liian pieniä. Tällöin voidaan tuuletusaukkojen määrää lisätä tai suurentaa jo olemassaolevia aukkoja. tuuletusaukot voivat myös olla tukossa roskista tai ne on jostain muusta syystä suljettu. Tällöin ratkaisuna on tukoksen huolellinen poistaminen, jotta ilma taas pääsee virtaamaan. Ryömintätila saattaa olla myös liian matala, jolloin ilma ei pääse vaihtumaan tarpeeksi hyvin. Tällöin toimenpiteenä on ryömintätilan korottaminen. Jos näillä toimenpiteillä ei saada tuuletusta parannettua tarpeeksi, voidaan alapohjaan lisätä koneellinen tuuletus tuuletuksen parantamiseksi.

Ilmavuodot johtuvat siitä, että alapohjassa on tiivistämättömiä aukkoja tai pahimmassa tapauksessa koko alapohja läpäisee ilmaa kauttaaltaan. Aukot tiivistetään taloon sopivalla eristemateriaalilla.

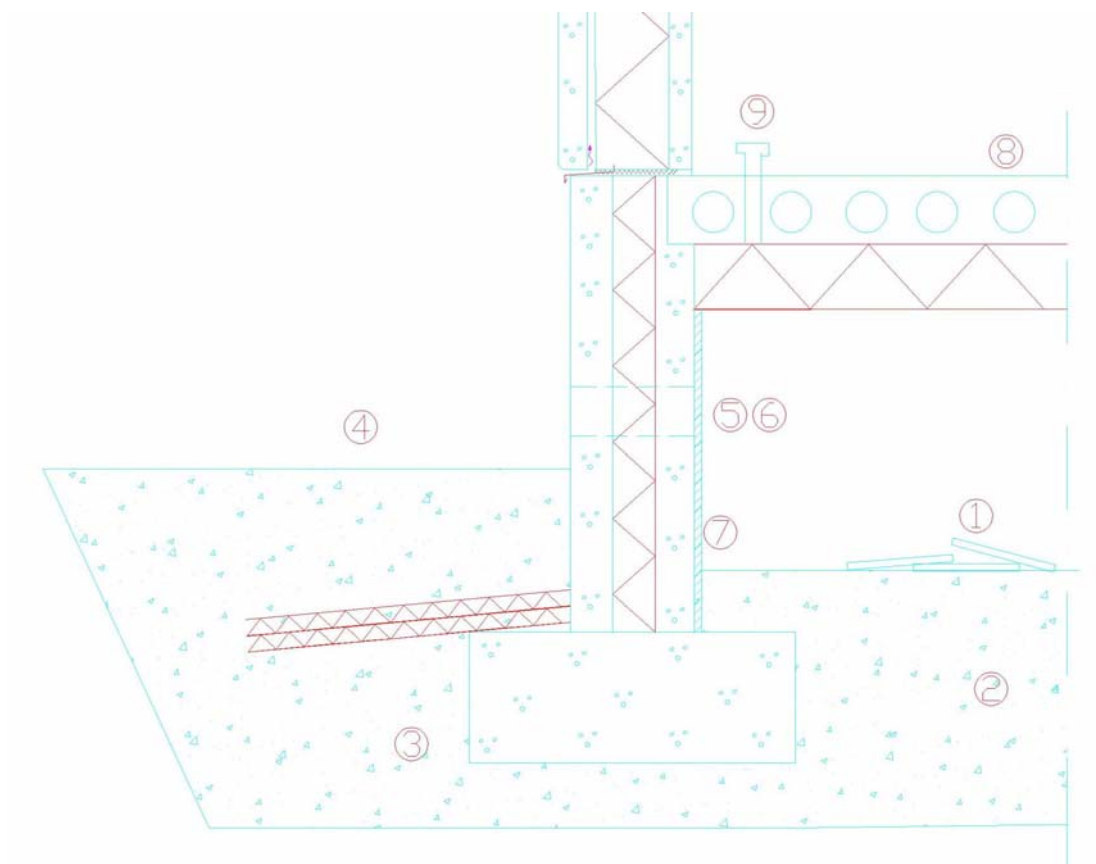


KUVA 14. Puurakenteisen tuulettuvan alapohjan ongelmat.

1. Ryömintätilaan on jäänyt rakennus- tai muuta jätettä, jotka homehtuessaan tai lahotessaan tuottavat ilmaan itiöitä ja aineenvaihduntatuotteita. Nämä voivat kulkeutua korvausilman mukana sisälle taloon.
2. Maaperän kosteus nousee kapillaarisesti ryömintätilaan kapillarikatkon puuttumisen takia. Maanpinnasta haihtuu kosteutta ryömintätilan ilmaan.
3. Tukkeutunut, puuttuva tai virheellisesti rakennettu salaojitus aiheuttaa sen, että pohjavettä nousee ryömintätilaan.
4. Virheellisesti tehdyt kaadot sokkelin vierustassa aiheuttavat sadeveden valumisen ryömintätilaan ulkopuolelta.
5. Tuuletusasukkoja on liian vähän, niiden yhteispinta ala on liian pieni tai ne on väärin sijoitettu. Tämä aiheuttaa sen, että ryömintätila ei tuuletetu kunnolla.
6. Tuuletusaukot ova tukkeutuneet roskasta tai ne on jostain syystä suljettu. Tässäkin tapauksessa ryömintätila ei tuuletetu kunnolla.
7. Alapohjassa olevissa putkissa on vuoto, joka kastelee sen.
8. Alapohjassa tai läpivienneissä on rakoja, joista ilmaa virtaa sisälle.

Ongelmien korjaus:

1. Rakennus- ja muut jätteet poistetaan ryömintätilasta.
2. Maasta kapillaarisesti ryömintätilaan nousevaa kosteutta vastaan rakennetaan kapillaarikatko sepelistä (16-32 mm), paksuudeltaan vähintään 200mm. Haihtumista voidaan edelleen vähentää asettamalla karkean kiviaineksen pinnalle muovikalvo haihtumissuojaksi. Haihtumissuoja tulee asentaa siten, ettei ulkoa mahdollisesti tuleva vesi pääse kalvon päälle. Kalvon paikallaanpysyminen varmistetaan painoin. Kosteus kalvon alla saaattaa nousta todella korkeaksi, joten on tärkeää varmistaa, ettei kalvon alle jää lahoavaa materiaalia. Ryömintätilan maan pinnalle voidaan myös asettaa lämmöneriste, joka kesäaikaan vähentää ulkoa otetun tuuletusilman lämpötilan alenemista ja näin ollen vähentää tuuletusilmasta rakenteisiin siirtyvän kosteuden määrää. Lisäksi eriste vähentää maasta haihtuvan kosteuden määrää. Erityistapauksissa alustatila varustetaan kuivatuksella erillisen suunnitelman mukaan (pumput). Alustatilassa olevat pumput varustetaan hälyttimillä. Pumppukaivojen toimivuus on tarkistettava.
3. Pohjavettä vastaan rakennetaan salaoja tai vaurioitunut tai virheellinen salaoja korjataan.
4. Sokkelin vierustassa olevat kaadot korjataan viettämään poispäin rakennuksesta. Lisäksi rakennetaan sadevesien poistojärjestelmä. Kaatojen tulee olla vähintään 1:20. Jos veden valumista ryömintätilaan ei voi estää esimerkiksi kallion pintaa pitkin, tehdään ryömintätilan maapohjaan salaojiin tai muuhun kuivatusjärjestelmään yhteydessä oleva kerros kiviaineksesta. Jos vettä ei voida poistaa painovoimaisesti, käytetään pumppausta.
5. Tuuletusaukkojen määrää lisätään, ja varmistetaan ettei alapohjaan jää tuulettumattomia katvealueita.
6. Suljetut tai tukkeutuneet tuuletusaukot avataan ja varmistetaan, että tuuletusaukkojen pinta-ala on tarpeeksi suuri.
7. Putkivuodot korjataan, ja mahdollisesti kastuneet alueet kuivataan tai uusitaan. Laho- tai mikrobivaurioituneet puuosat lastutaan terveeseen puuhun asti. Jos puuosa on kantava, tulee sen lastuamisesta neuvotella rakennesuunnittelijan kanssa. Kylmävesiputket tulee eristää tiiviisti pinnoitetulla lämmöneristeellä kosteuden tiivistymisen estämiseksi.
8. Ilmavuodot tiivistetään. Kaikki lävistykset käyttötiloihin tulee olla ilmatiiviitä ja niiden on täytettävä palonkestävyydeltään viranomaisten määräykset



KUVA 15. Betonirakenteisen tuulettuvan alapohjan ongelmat.

1. Ryömintätilaan on jäänyt rakennus- tai muuta jätettä, joihin syntyy kosteuden vaikutuksesta mikrobikasvustoa tai homeita. Näistä syntyvät itiöt tai hajusaattavat kulkeutua korvausilman mukana sisätilaan.
2. Maaperän kosteus nousee kapillaarisesti ryömintätilaan kapillarikatkon puuttumisen takia. Maanpinnasta haihtuu kosteutta ryömintätilan ilmaan.
3. Tukkeutunut, puuttuva tai virheellisesti rakennettu salaojitus aiheuttaa sen, että pohjavettä nousee ryömintätilaan.
4. Virheellisesti tehdyt kaadot sokkelin vierustassa aiheuttavat sadeveden valumisen ryömintätilaan ulkopuolelta.
5. Tuuletusaukkoja on liian vähän, niiden yhteispinta ala on liian pieni tai ne on väärin sijoitettu. Tämä aiheuttaa sen, että ryömintätila ei tuuleteta kunnolla.
6. Tuuletusaukot ova tukkeutuneet roskasta tai ne on jostain syystä suljettu. Tässäkin tapauksessa ryömintätila ei tuuleteta kunnolla.

7. Perusmuurin muottilaudat on jätetty paikoilleen.
8. Pesutiloista tai keittiöstä pääsee suunnittelu-, rakennusvirheiden tai putkivuotojen takia kosteutta lattiarakenteisiin ja niiden alle. Yleisimmät virheet ovat vedeneristyksen virheellinen asennus ja läpivientien huono tiivistäminen. Näiden takia kosteus pääsee rakenteisiin. Betonirakenteissa tämä voi johtaa raudituksen ruostumiseen.
9. Lattian rajoissa tai läpivienneissä on aukkoja, joista ilma virtaa sisälle

Ongelmien korjaus:

1. Rakennus- ja muut jätteet poistetaan ryömintätilasta. Saastunutta maa-ainesta poistetaan 50-100 mm
2. Maasta kapillaarisesti ryömintätilaan nousevaa kosteutta vastaan rakennetaan kapillaarikatko sepelistä (16-32 mm), paksuudeltaan vähintään 200mm. Haihtumista voidaan edelleen vähentää asettamalla karkean kiviaineksen pinnalle muovikalvo haihtumissuojaksi. Haihtumissuoja tulee asentaa siten, ettei ulkoa mahdollisesti tuleva vesi pääse kalvon päälle. Kalvon paikallaanpysyminen varmistetaan painoin. Kosteus kalvon alla saaattaa nousta todella korkeaksi, joten on tärkeää varmistaa, ettei kalvon alle jää lahoavaa materiaalia. Ryömintätilan maan pinnalle voidaan myös asettaa lämmöneriste, joka kesäaikaan vähentää ulkoa otetun tuuletusilman lämpötilan alenemista ja näin ollen vähentää tuuletusilmasta rakenteisiin siirtyvän kosteuden määrää. Lisäksi eriste vähentää maasta haihtuvan kosteuden määrää. Erityistapauksissa alustatila varustetaan kuivatuksella erillisen suunnitelman mukaan (pumput). Alustatilassa olevat pumput varustetaan hälyttimillä. Pumppukaivojen toimivuus on tarkistettava.
3. Pohjavettä vastaan rakennetaan salaoja tai vaurioitunut tai virheellinen salaoja korjataan.
4. Sokkelin vierustassa olevat kaadot korjataan viettämään pois päin rakennuksesta. Lisäksi rakennetaan sadevesien poistojärjestelmä. Kaatojen tulee olla vähintään 1:20. Jos veden valumista ryömintätilaan ei voi estää esimerkiksi kallion pintaa pitkin, tehdään ryömintätilan maapohjaan salaojiin tai muuhun kuivatusjärjestelmään yhteydessä oleva kerros kiviaineksesta. Jos vettä ei voida poistaa painovoimaisesti, käytetään pumppausta.

5. Tuuletusaukkojen määrää lisätään, ja varmistetaan ettei alapohjaan jää tuuletumattomia katvealueita.
6. Suljetut tai tukkeutuneet tuuletusaukot avataan ja varmistetaan, että tuuletusaukkojen pinta-ala on tarpeeksi suuri.
7. Muottilaudat poistetaan ja sokkeli harjataan teräsharjalla puhtaaksi näkyvästä purkujätteestä ja kasvustosta.
8. Putkivuodot korjataan, ja mahdollisesti kastuneet alueet kuivataan tai uusitaan. Tarvittaessa suoritetaan myös putkien puhdistus ja desinfiointi. Kylmävesiputket tulee eristää tiiviisti pinnoitetulla lämmöneristeellä kosteuden tiivistymisen estämiseksi.
9. Ilmavuodot tiivistetään.

LÄHTEET

Arvela, H. & Reisbacka, H. Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A229. 2008.
Helsinki: Edita Prima Oy, 11-12, 77-79

Betoniteollisuus Ry:n www-sivut. <http://www.betoni.fi/>. Viitattu 6.11.2011

Björkholz, D. 1997 Lämpö ja kosteus rakennusfysiikka. Saarijärvi: Rakennustieto Oy, 49

Finnfoamin www-sivut. <http://www.finnfoam.fi/>. Viitattu 29.9.2011

Ihatsu, E. 2005 Korjausohjeita, Multapenkki. Oulu: Pohjois-Pohjanmaan korjauskentämiskeskus

Pitkänen, J. 2004 Talojen tuulettuva teräspäristysjärjestelmä. Tampereen teknillinen yliopisto, Julkaisu 59

RIL-107-2000 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL RY

Romppainen, I. 2010 Lämmin Puutalo, Ohjeet ilmanpitävään ja energiaa säästävään rakentamiseen. Helsinki: Rakennustieto Oy, 54, 61

RT-kortti 12-10277. Rakennuksen pinta-alat. 1985. Helsinki: Rakennustieto Oy

RT-Kortti 81-10590. Routasuojusrakenteet. 1995, Helsinki: Rakennustieto Oy

Sisäilmäyhdistyksen www-sivut. <http://sisäilmäyhdistys.fi/>. Viitattu 30.10.2011

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista. 944/1992. 1992.

Suomen RakMK B3. 2004. Pohjarakenteet. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö: Asunto- ja rakennusosasto

Suomen RakMK C2. 1998. Kosteus. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö: Asunto ja rakennusosasto, 6-7

Suomen RakMK C3. 2010. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset. Helsinki: Ympäristöministeriö: Rakennetun ympäristön osasto

Talonrakennuksen Routasuojausohjeet. 2007. Tampere: VTT ja Rakennustieto

Wikipedian www-sivut. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Radon>. Viitattu 17.8.2011

Ympäristöministeriön www-sivut. <http://www.ymparisto.fi>. Viitattu 4.10.2011

Ympäristöopas. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Helsinki: Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy, 8, 48-52

Ympäristöopas. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Helsinki: Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy, 65-66

LIITTEET

LIITE 1: PUURAKENTEITA

LIITE 2: BETONIRAKENTEITA

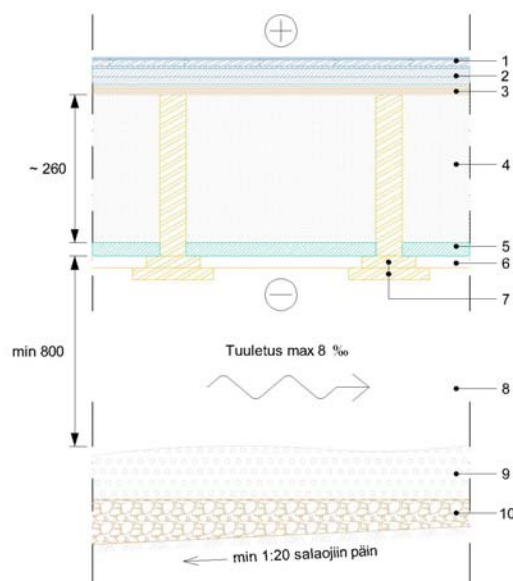
LIITE 3: TERÄSRAKENTEITA

LIITE 4: ROUTASUOJAUS ESIMERKKEJÄ

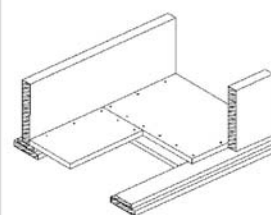
AP203P2

Tuulettuva alapohja
Massiivipalkit
Asuinhuone

U-arvo $\leq 0,17$ W/m²K



TUULENSUOJALEVYN JATKOS



- | | | |
|----|-----------------|---|
| 1 | ARK mukaan | Lattiapäällyste |
| 2 | RAK mukaan | Kipsilevytyks (palosuojaus) (mahdollinen lattialämmitys) |
| 3 | RAK mukaan | Paksuviiluinen ympäröintottu kuusivaneri [a] |
| 4 | RAK mukaan | Sahatavara- / vaarna- / viilupu- / liimapuupalkit [b] ja lämmöneriste [c] |
| 5 | t ≥ 25 mm | Huokoinen puukuitulevy [d] |
| 6 | 22x100 | Lämmöneristeen ja tuulensuojalevyn tukilaudat k400...k600 |
| 7 | 22x100 + 25x150 | Lämmöneristeen ja tuulensuojalevyn tukilaudat [e] |
| 8 | RAK mukaan | Tuuletettu ryömintätila |
| 9 | RAK mukaan | Perusmaan lämmöneristys (esim. kevytsora t=100 mm...200 mm) |
| 10 | RAK mukaan | Salaojitussoora t ≥ 200 mm |

[a] Ponteissa sekä levyn ja kannattimen välissä polyuretaaniiliima. Levytyistä voidaan hyödyntää ilman- ja höyrynsulkuna sekä työskentelytasona. Tarvittaessa levyn alle erillinen ilmansulku (tällöin levyjä ei voi liimata kannattimiin).

[b] Palkkijako enintään k400, jos aluslattiavanerin paksuus $t=18$ mm.

[c] Puukuitueriste ontelopuhallettuna. Myös levyvilla mahdollinen (tällöin huomioitava työnaikainen kosteussuojaus).

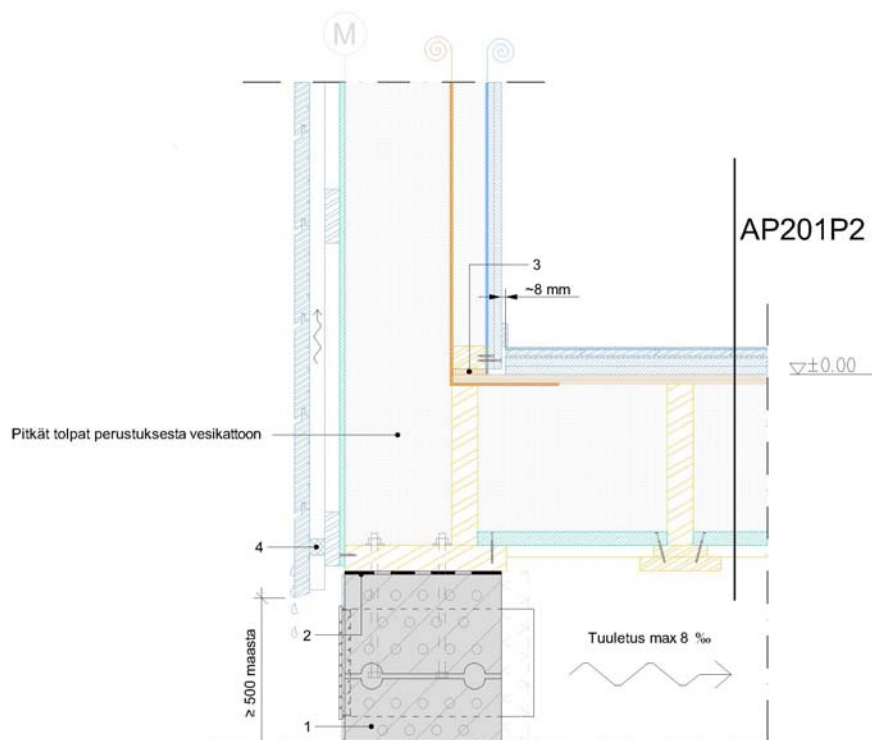
(d) Tuulensuojalevyt kiinnitetään kaikilta reunoilta levyn tukirakenteisiin.

[e] Laudat kiinnitetään palkkien alapintaan ennen palkkien asentamista.

- kantava runko palomitoitetaan luokkaan R 30
- osastointi EI 30-rakentein sivusuunnassa huoneistosta toiseen (HUOMIO! RakMK E1 kohta 6.1.2)
- ilmaääneneristävyyden $R'_{w} \geq 55$ dB ja askelääneneristävyys $L'_{n,w} \leq 53$ dB sivusuunnassa huoneistosta toiseen
- värähtelymitutus

DA206P2

Perustusliittymä
Kantava ulkoseinä / Tuulettuva alapohja
Asuinhuone



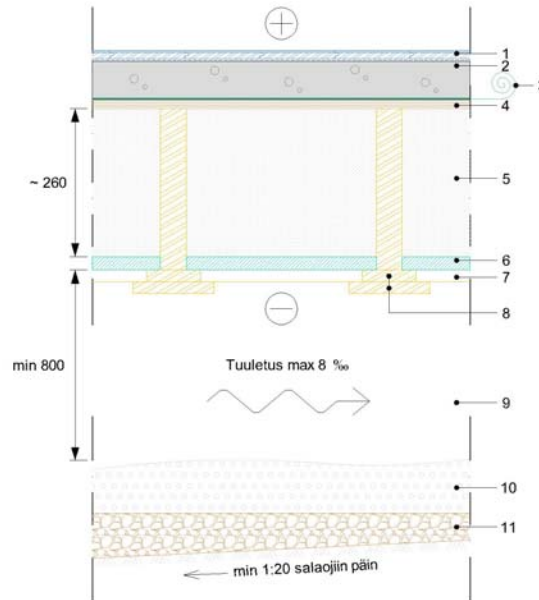
- | | | |
|---|------------|---|
| 1 | RAK mukaan | Raudoitettu harkkoperusmuuri tai betoniperusmuuri |
| 2 | RAK mukaan | Kumibitumikermi |
| 3 | RAK mukaan | Elastinen polyuretaanivaaho |
| 4 | RAK mukaan | Tarvittaessa pieneläinverkko |

Massiivipalkkinen tuulettuva alapohja harkkoperustuksella (Puuinfo)

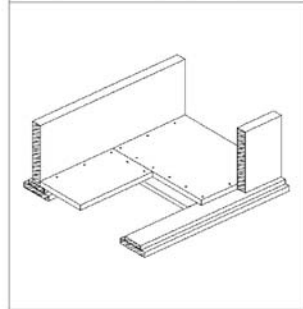
AP201P2

Tuulettuva alapohja
Massiivipalkit
Asuinhuone

U-arvo $\leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$



TUULENSUOJALEVYN JATKOS



- | | | |
|----|------------------------|---|
| 1 | ARK mukaan | Lattiapäällyste |
| 2 | RAK mukaan | Teräsbetonilaatta $t=60...80 \text{ mm}$ (palosuojaus) (mahdollinen lattialämmitys) |
| 3 | RAK mukaan | Suodatinkangas (valusuoja) |
| 4 | RAK mukaan | Paksuviiluinen ympäripontattu kuusivaneri [a] |
| 5 | RAK mukaan | Sahatavara- / vaarna- / viilupuu- / liimapuupalkit [b] ja lämmöneriste [c] |
| 6 | $t \geq 25 \text{ mm}$ | Huokoinen puukuitulevy [d] |
| 7 | 22x100 | Lämmöneristeen ja tuulensuojalevyn tukilaudat k400...k600 |
| 8 | 22x100 + 25x150 | Lämmöneristeen ja tuulensuojalevyn tukilaudat [e] |
| 9 | RAK mukaan | Tuuletettu ryömintätila |
| 10 | RAK mukaan | Perusmaan lämmöneristys (esim. kevytsora $t=100 \text{ mm}...200 \text{ mm}$) |
| 11 | RAK mukaan | Salaojitussora $t \geq 200 \text{ mm}$ |

[a] Ponteissa sekä levyn ja kannattimen välissä polyuretaaniliima. Levytystä voidaan hyödyntää ilman- ja höyrynsulkuna sekä työskentelytasona. Tarvittaessa levyn alle erillinen ilmansulku (tällöin levyjä ei voi liimata kannattimiin).

[b] Palkkijako enintään k600, jos alustaviivanerin paksuus $t=18 \text{ mm}$.

[c] Puukuitueriste ontelopuhallettuna. Myös levyvilla mahdollinen (tällöin huomioitava työnaikainen kosteussuojaus).

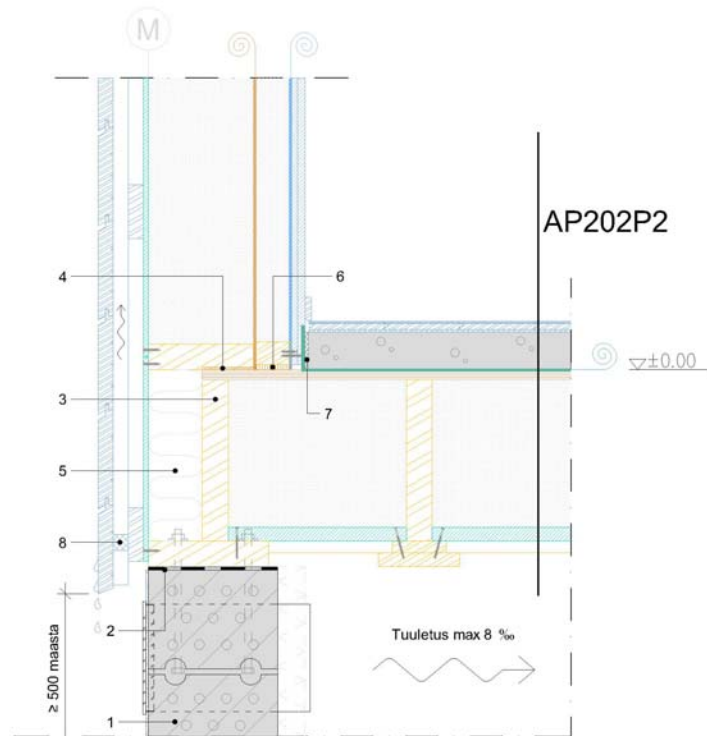
[d] Tuulensuojalevyt kiinnitetään kaikilta reunoilta levyn tukirakenteisiin.

[e] Laudat kiinnitetään palkkien alapintaan ennen palkkien asentamista.

- kantava runko palomitoitetaan luokkaan R 30
- osastointi EI 30-rakentein sivusuunnassa huoneistosta toiseen (HUOMIO! RakMK E1 kohta 6.1.2)
- ilmapääeneristävyyttä $R'_{w} \geq 55 \text{ dB}$ ja askelääneneristävyyttä $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$ sivusuunnassa huoneistosta toiseen
- värähtelymitoitus

DA205P2

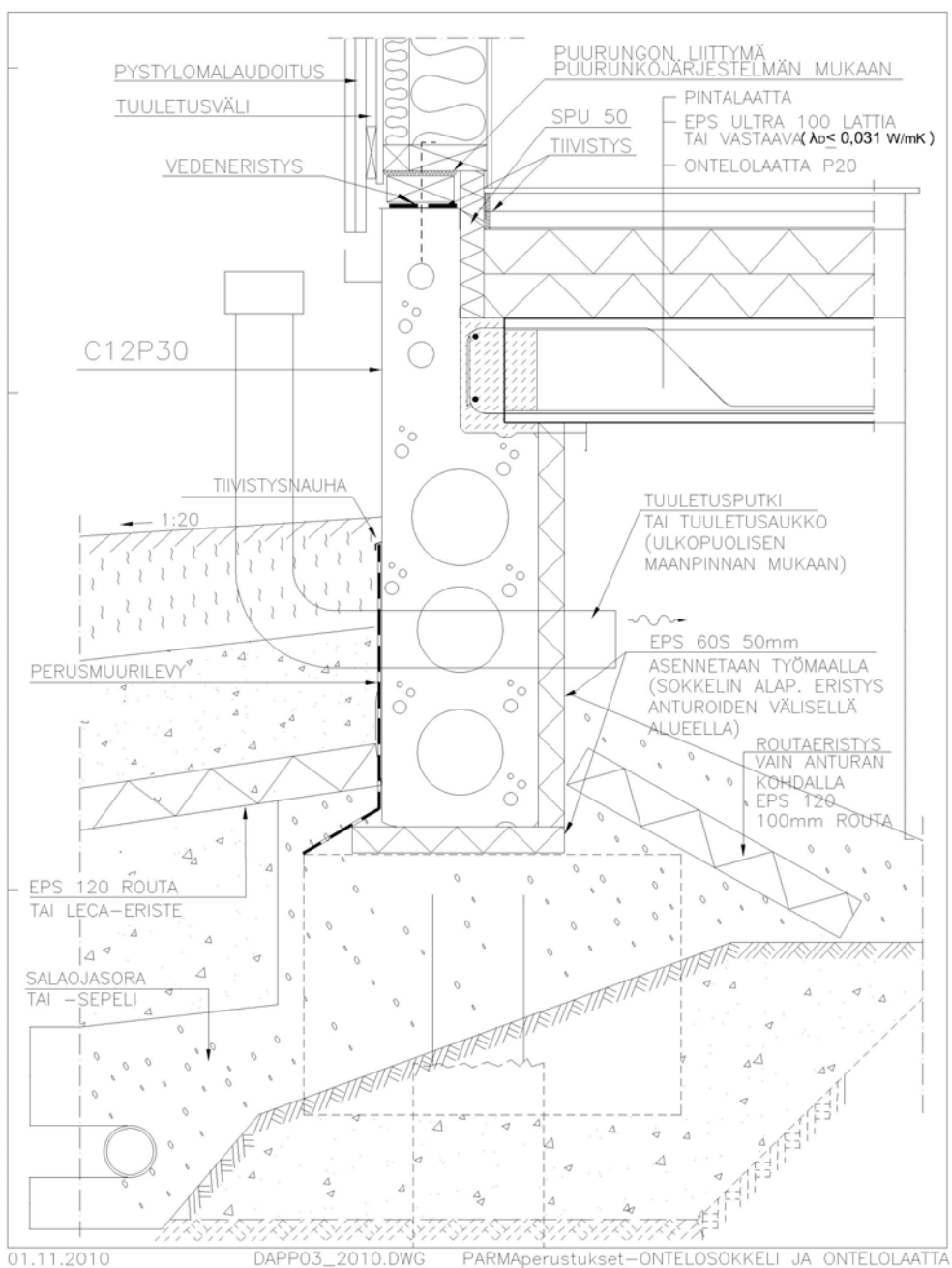
Perustusliittymä
Kantava ulkoseinä / Tuulettuva alapohja
Asuinhuone



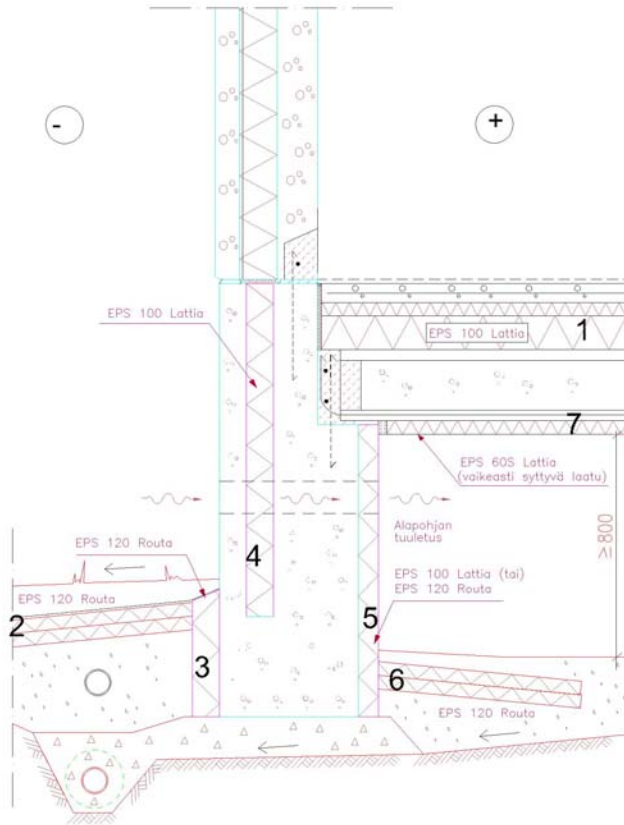
- | | | |
|---|-------------|---|
| 1 | RAK mukaan | Raudoitettu harkkoperusmuuri tai betoniperusmuuri |
| 2 | RAK mukaan | Kumibitumikermi |
| 3 | RAK mukaan | Kehäpalkki (tarvittaessa kaksi vierekkäin) |
| 4 | RAK mukaan | EPDM-solukumitiiviste tai polyuretaanivaaho |
| 5 | t=100 mm | Levyvilla |
| 6 | RAK mukaan | Elastinen polyuretaanivaaho |
| 7 | t=6...10 mm | Irrotuskaista (esim. PEX-solumuovi) |
| 8 | RAK mukaan | Tarvittaessa pieneläinverkko |

Massiivipalkkinen tuulettuva alapohja harkkoperustuksella ja teräsbetonilaatalla
(puuinfo)

Rakennuskohde	Sisältö PARMAperustukset- ONTELOSOKKELI JA ONTELOLAATTA YLÄPUOLINEN LÄMMÖNERISTYS PUUVERHOILTU PUURUNKOINEN ULKOSEINÄ		
Suunnittelija	Työ nro		DA PP03
	Päiväys	Tekijä	



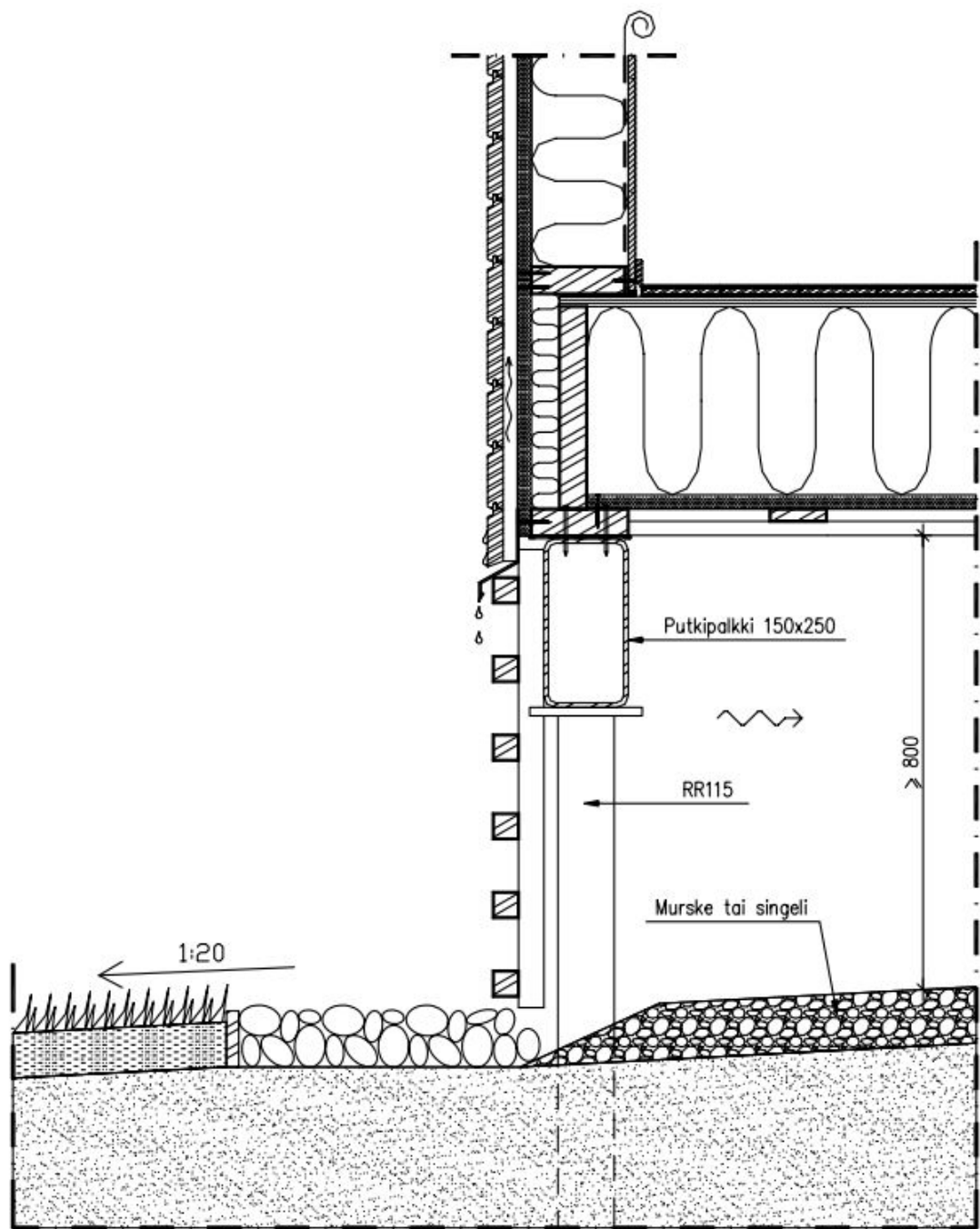
Tuulettuva alapohja ontelosokkelilla ja ontelolaatalla (Parma Oy)



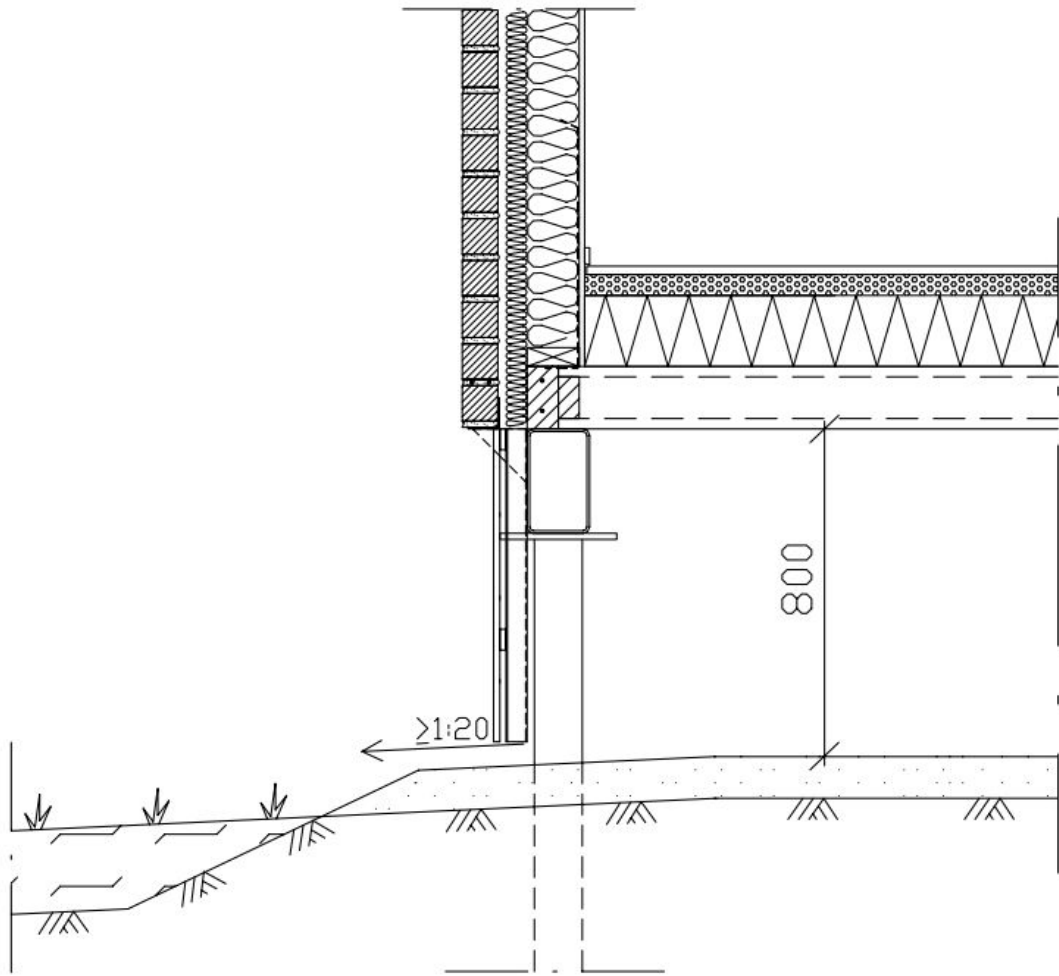
U-arvovaatimus 0,16 W/m²K (ulkoilmaan rajoittuva alapohja, lämmin tila) ja 0,20 W/m²K (ryömintätilaan rajoittuva alapohja, tuuletusaukkoja enint. 8 ‰ alapohjan pinta-alasta, lämmintila).

1. λ design = 0,036 W/mK
2. λ design = 0,041 W/mK
3. λ design = 0,039 W/mK
4. λ design = 0,038 W/mK
5. λ design = 0,038 W/mK (EPS 100 lattia)
6. λ design = 0,041 W/mK
7. λ design = 0,039 W/mK (EPS 60 S lattia)

Tuulettuva alapohja betonisokkelilla ja onteloltaatalla (Finnfoam Oy)



Teräspöerustuksen liittöminen platform alapohjaan (Wood Focus Oy).

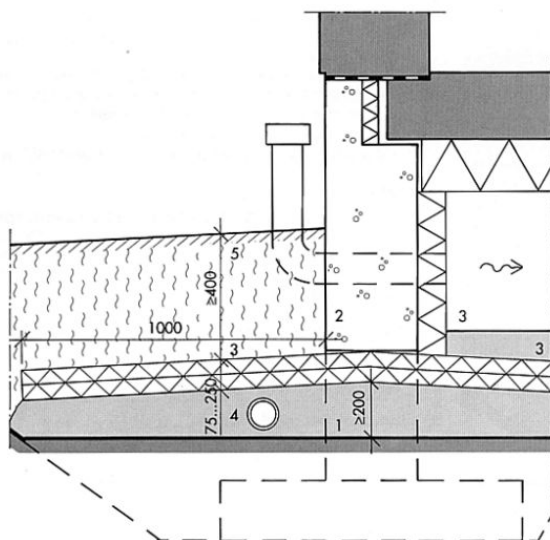


Teräspöytä Ontelolaatta-alapohjalla (Pitkänen 2004)

3

Pilariperustus roudattomaan syvyyteen, lämmin rakennus
Sokkelipalkin routasuojaus
Ryömintätilainen alapohja

RT P/RS 203



Rakenne

1. Sokkelipalkin alla alussorastus, vähintään 200 mm
2. Sokkelipalkki, teräsbetoni rakennepiirustusten mukaan
3. Routaeristys polystyreenilevyt 75...250 mm (tiheys vähintään 20 kg/m³) tai kevytsora 250...400 mm, 1,0 m, pystylevyt 100 mm sokkelin sisäpinnassa
4. Salaojitussora ja salaoja 100 mm
5. Kasvukerros tai kulkuteiden rakennekerrokset 400 mm

Ohjeet

- routaeristelevyt asennetaan tasatun ja tiivistetyn sora-/mursketäytön päälle perustuksista ulospäin kaltevuuteen 1:10

Ominaisuudet

Ilmastovyöhyke	Routaeristys paksuudet mm polystyreenilevy	kevytsora
I	75	250
II	115	400
III	150	ei käytetä
IV	200	ei käytetä
V	250	ei käytetä

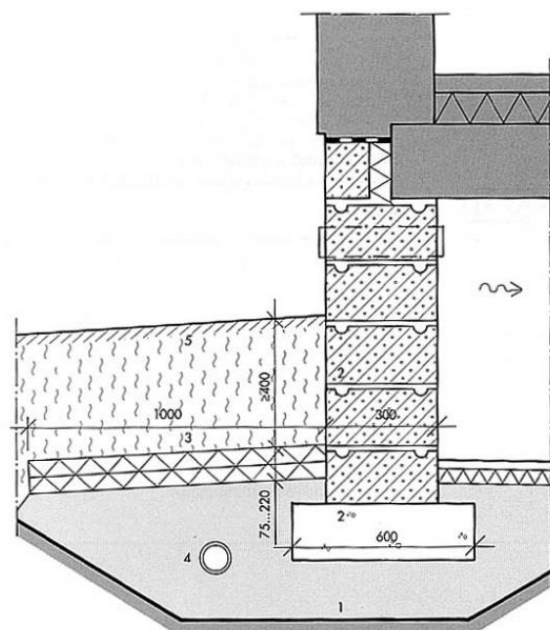
Käyttöalue

- routivalle maapohjalle perustettaessa, pilarit roudattomaan syvyyteen ja sokkelipalkin alapinta 0,4...0,6 m syvyydellä ulkopuolisesta maanpinnasta
- lattia enintään 0,6 m ulkopuolista maanpintaa ylempänä

7

Harkkoperusmuuri, lämmin rakennus
Routasuojaus, pienet tuuletusaukot
Ryömintätilainen alapohja

RT P/RS 207



Rakenne

1. Tasattu kaivupohja tai alussorastus 200 mm
2. Teräsbetoniantura 600 mm ja kevytsoraharkkoperusmuuri 300 mm, kantava ryömintätilainen alapohja, perustamissyvyys 0,6...1,0 m
3. Routaeristys polystyreenilevyt 75...220 mm (tiheys vähintään 20 kg/m³), 1,0 m ilmastovyöhykkeen mukaisesti
4. Salaojitussora ja salaoja 100 mm
5. Kasvukerros tai kulkuteiden rakennekerrokset 400 mm

Ohjeet

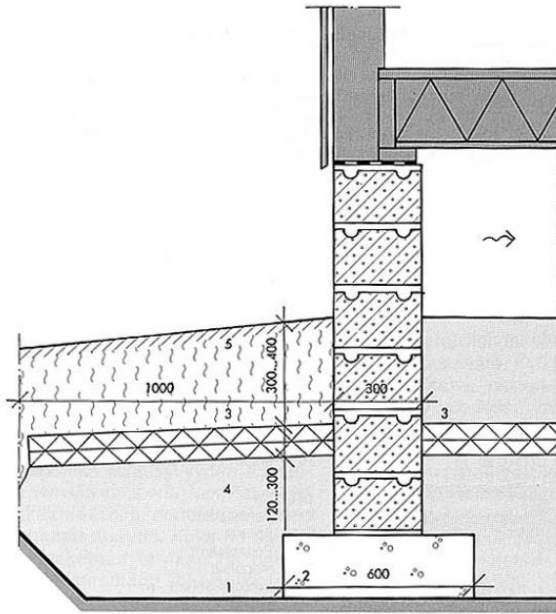
- routaeristelevyt asennetaan tasatun ja tiivistetyn sora-/mursketäytön päälle perustuksista ulospäin kaltevuuteen 1:10
- kulkuteiden kohdalla tehdään routasuojaus 2,0...3,0 m leveänä ja kiilamaisesti ohenevana

Ominaisuudet

Ilmastovyöhyke	Routaeristys paksuudet mm polystyreenilevy	rakennuksen ulkopuoli	sisäpuoli
I	75	50	50
II	115	60	60
III	150	75	75
IV	185	90	90
V	220	110	110

Käyttöalue

- routivalle maapohjalle perustettaessa 0,6...1,0 m syvyyteen kevytsoraharkkoilla ja perusmuurianturalla
- alapohja ryömintätilainen ja tuuletettu



Rakenne

1. Tasattu kaivupohja
2. Pilarianturat 600 x 600 x 200 mm
3. Routaeristys, kylmät rakenteet, 120...300 mm
4. Sorastus
5. Rakennuksen ulkopuolella kasvukerros 300 mm tai rakennekerrokset $d = 400$ mm kulkuteillä

Ominaisuudet

Ilmastovyöhyke Routaeristuksen paksuus mm
polystyreenilevy

I	120
II	200
III	300

Käyttöalue

- routivalle maapohjalle perustettaessa. Routaeristeen alla olevan sorakerroksen paksuus 400 mm.
- pakkasmäärillä yli 60 000 h°C sorakerroksen paksuuden tulee olla vähintään 600 mm ja routaeristuksen paksuuden 300 mm
- vuoden keskilämpötilan on oltava yli + 0°C käyttökohteissa.

Esimerkkejä tuulettuvan alapohjan rakenteista, sekä niiden routasuojauksesta (Rakennustieto)